MR 205

MANGANESE

83-5753/

MINERAL BULLETIN MR 205

MANGANESE

AN IMPORTED MINERAL COMMODITY

Energy, Mines and Resources Canada
Minerals

Énergie, Mines et Ressources Canada
Minéraux

Minister of Supply and Services Canada 1985

Available in Canada through

Authorized Bookstore Agents
and other bookstores

or by mail from

Canadian Government Publishing Centre
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

Catalogue No. M38-2/205
ISBN 0-660-53079-1

Canada: $5.00
Other Countries: $6.00

Price subject to change without notice

FOREWORD

Canadians are becoming increasingly conscious of the importance of their mineral domain. Producing some 60 mineral commodities, Canada ranks third in the world - after the United States and the U.S.S.R. - in value and diversity of mineral production, and is the world's foremost exporter of minerals.

As Canada enjoys a privileged position - not only because of the substantial mineral resources within its borders but also because it has the ability to produce most of its own mineral requirements - it may come as a surprise to many Canadians that the value of annual imports of mineral and mineral-based products amounts to several billion dollars.

Some of these products, such as iron ore and various industrial minerals, are also mined in this country; others, such as bauxite, chromium, manganese, and phosphate rock, are not.

Given current concerns about an increasingly unstable international situation, greater attention is now being paid by government to those mineral commodities that Canada must import. Other industrialized countries, whose economic vulnerability is far greater than our own because of their lesser degree of mineral self-sufficiency, are also taking a closer look at their individual situations with respect to such imports.

To determine Canada's vulnerability to shortages in supply of a particular imported mineral product, answers must be sought to questions such as:

- In what countries does the given mineral product originate?
- What routes does it follow in coming to Canada?
- How vulnerable is this supply chain to political or other disruptions?
- How much of the mineral product is used to produce what?
- Are there alternative sources of supply?
- What are the substitute materials that can be obtained domestically or from other countries?
- What actions would be required to obtain this mineral product from another source or to use a substitute?
- In summary: to what degree is Canada's future supply at risk for the mineral product in question and what should be done about it now?

This report on MANGANESE - a mineral used in Canada mainly as a ferroalloy in the steel industry and (in the form of natural battery-grade ores or synthetic manganese dioxide) to make batteries - looks at one of the relatively few raw materials for which Canada is currently totally dependent on imports. It is the fifth in a series aimed at assessing possible problems in obtaining supplies of selected non-fuel minerals, to provide background information for government policy, which might involve such actions as guiding research that could lead to less dependence on external sources. The general topic of strategic minerals is addressed by R.J. Shank in "Canada's Dependence on Imported Minerals and Metals - The Issues", Mineral Policy Sector Internal Report MRI 81/7.

The following individuals in the Department of Energy, Mines and Resources cooperated in the preparation of this report: M.C. Campbell, (Mineral Sciences Laboratories), W.J.S. Craigen (Office of Technology Transfer), Dr. J.D. Boyd and Dr. A. Palmer (Physical Metallurgy Research Laboratories) of the Canada Centre for Mineral and Energy Technology; Dr. G.A. Gross and Dr. D.C. Findlay (Economic Geology Division) Geological Survey of Canada; and D.G. Law-West, T.C. Newman, D.R. Phillips, and Dr. J. Zwartendyk of the Mineral Policy Sector.

The study was coordinated by Dr. A.B.T. Werner of the Resource Policy Division, Mineral Policy Sector.

R.D. Hutchinson
A/Assistant Deputy Minister
(Mineral Policy)

TABLE OF CONTENTS

	Page
PART I. PRINCIPAL MANGANESE SUB-PRODUCTS	1
Introduction	1
Manganese Ores and Concentrates	1
Manganese Metal	1
Ferromanganese	4
Other Manganese-Bearing Alloys	6
Manganese in the Iron and Steel Industry	6
Manganese Chemicals	7
Summary of Part I	9
Reference	9
PART II. PRINCIPAL CANADIAN USERS OF MANGANESE SUB-PRODUCTS	10
Manganese Ores and Concentrates	10
Manganese Metal	10
Ferromanganese	10
Other Manganese-Bearing Alloys	13
Manganese Chemicals	13
Summary of Part II	13

	Page
PART III. CANADA'S SOURCES OF MANGANESE SUB-PRODUCTS	15
A. Domestic	15
Manganese Ores and Concentrates	15
Manganese Metal	15
Ferromanganese	15
Other Manganese-Bearing Alloys	15
Manganese Chemicals	15
B. Foreign	16
Manganese Ores and Concentrates	16
Manganese Metal	20
Ferromanganese	23
Manganese Chemicals	23
Summary of Part III	24
PART IV. WORLD SUPPLY CAPABILITY	26
Manganese Ores and Concentrates	26
i) World Reserves	26
ii) Current World Supply Capability	26
iii) World Output in Recent Years	26
iv) Additions to Production Capacity	31
Manganese Metal	31
World Capacity	31
Ferromanganese	31
i) World Capacity and Output in Recent Years	31
ii) Planned Additions to World Capacity	42

	Page
Manganese Chemicals	42
Summary of Part IV	47
PART V. ALTERNATIVE SOURCES OF SUPPLY	48
Manganese Ores and Concentrates	48
i) From Possible Canadian Production	48
ii) From Current and Prospective Foreign Sources	53
Manganese Metal	54
i) From Prospective Canadian Production	54
ii) From Current and Prospective Foreign Sources	54
Ferromanganese	54
i) From Possible Canadian Raw Materials	54
ii) From Current and Prospective Foreign Sources	55
Manganese Chemicals	56
From Possible Canadian Production	56
Summary of Part V	56
References	57
PART VI. SUBSTITUTE MATERIALS AND CONSERVATION MEASURES	59
Manganese Ores and Concentrates	59
Manganese Metal	59
Ferromanganese	59
Other Manganese-Bearing Alloys	61
Manganese Chemicals	61
Summary of Part VI	61

		Page
PART VII. SUMMARY		63
Canadian Uses		63
World Supply		63
Canada's Current Sources of Supply		64
Stocks		65
Substitutes		65
Alternative Sources of Supply		66
PART VIII. RECOMMENDATIONS		67
APPENDICES		
1	Average Annual Prices of Selected Manganese Ores, 1973-83	69
2	Prices of Manganese Metal, Various Grades of Ferromanganese and Silicomanganese, January 1984	70
3	Prices of Selected Manganese Chemicals, December 1983	71
4	Canadian Customs Tariffs on Imported Manganese Materials	72
5	Manganese Ores and Concentrates, Country by Country Reviews	73
	Australia	73
	Brazil	73
	China	74
	Gabon	74
	Ghana	74
	Greece	75
	India	75
	Mexico	75
	Morocco	75
	Republic of South Africa	75
	U.S.S.R.	76
	United States	77
	Zaire	77
	Other Countries	77
	References	78

		Page
6	Ferromanganese, Country by Country Reviews	80
	Australia	80
	Belgium	80
	Brazil	80
	China	80
	France	80
	India	81
	Italy	81
	Japan	81
	Mexico	81
	Norway	81
	Republic of South Africa	82
	U.S.S.R.	82
	United States	82
7	Selected Reports on Manganese Prepared by Energy, Mines and Resources Canada and Predecessor Agencies	83
8	General References	84

TABLES

1.	Principal Manganese Minerals	2
2.	Traditional Specifications for Manganese Ore	3
3.	Standard Grades of Ferromanganese and Other Manganese Alloys	5
4.	Formulae and Manganese Content of Some Manganese Chemicals	8
5.	Canada, Manganese Consumption, 1970, 1975-82	11
6.	Canada, Manganese Imports, 1981 and 1982	17
7.	Principal Sources of Canada's Manganese Sub-Products	25
8.	World Manganese Reserves	27
9.	Nominal World Manganese Production Capacity, 1982	27
10.	Principal World Manganese Ore and Concentrate Producers	28
11.	World Production of Manganese Ore, by Country, Selected Years from 1960 to 1982	29

TABLES (cont'd) Page

12. Additions to World Manganese Ore Production Capacity Under Consideration in 1984 32

13. World Manganese Metal Production Capacity 33

14. Major Western World and Chinese Ferromanganese Production Plants: Estimated Capacity 34

15. World Production of Ferromanganese, by Country, 1979-82 40

16. World Production of Silicomanganese, by Country, 1979-82 41

17. World Production of Spiegeleisen, by Country, 1979-82 42

18. Planned Additions to World Ferromanganese Production Capacity 43

19. Principal World Sources of Battery-Grade Manganese Materials 44

20. Canada, Slags at Steel Works and their Manganese Oxide Contents 52

A-1 United States Manganese Stockpile Status as of November 30, 1983 78

FIGURES

1 Canada, Consumption of Ferromanganese (Total for high-carbon, medium-carbon and low-carbon grades), 1960-82 and Projection to 1990 12

2 Gabon: The Moanda Manganese Mining Operation 21

3 South Africa: Manganese Operations 22

4 Principal Producers of Manganese Ore, 1982 30

5 Principal Producers of Ferromanganese, 1982 39

PART I. PRINCIPAL MANGANESE SUB-PRODUCTS

Introduction

Manganese is an essential constituent of all steel and cast iron. Additional important uses are for nonferrous alloys based on copper and aluminum and as chemicals for dry-cell batteries and for the production of fertilizers and permanganates. Industry consumes the element in several forms: ores and concentrates, ferromanganese, manganese metal and manganese chemicals.

Manganese Ores and Concentrates

Manganese is a constituent of more than 300 naturally occurring compounds. However, only a few minerals (Table 1) have been commercially exploited for it to any great extent, notably braunite, an oxysilicate; rhodochrosite, a carbonate; and the manganese oxides, hausmannite, manganite and pyrolusite.

Traditionally, manganese-bearing materials have been classified according to their manganese content (Table 2). Traded ores and concentrates normally contain at least 38 per cent manganese.

Most ores can be used for more than one purpose - as natural pigments or oxidizing agents and to make chemicals, ferroalloys, manganese metal or synthetic manganese dioxide. Some ore concentrates are sufficiently high in manganese content and purity to be usable directly as pigments or in dry-cell batteries after only a grinding step. So-called "Natural Battery-grade Ores" should have a manganese dioxide content in excess of 75 per cent and a low iron content.

Materials for making ferroalloys should ideally have manganese-to-iron ratios above 7.5 to 1, either naturally or after blending, and should not contain more than 0.2 per cent phosphorus.

A price series for manganese ore is given in Appendix 1.

Manganese Metal

Because of its brittle structure, manganese finds no direct uses as the pure metal or even in conjunction with minor amounts of alloying elements.

It is produced with a high degree of purity by the electrolysis of a sulphate solution and is sold as "flakes" which are the fragmented cathode deposits. The metal is also produced electrothermically in France and the U.S.S.R., with manganese levels over 93 per cent and few impurities other than iron.

Table 1

Principal Manganese Minerals

Mineral	Formula	Manganese Content (per cent Mn)
Braunite	$3\ Mn_2O_3.MnSiO_3$	50-60
Cryptomelane	$K\ Mn_8O_{16}$	45-60
Hausmannite	Mn_3O_4	72
Jacobsite	$MnFe_2O_4$	24
Lithiophorite	$LiMn_3Al_2O_3.3H_2O$	52.9[1]
Manganite	$Mn_2O_3.H_2O$	62.4
Nsutite	MnO_2	59.2[1]
Polianite	MnO_2	63
Psilomelane	$BaMn_9O_{18}.2H_2O$	51.7[1]
Pyrolusite	MnO_2	63.2
Rhodochrosite	$MnCO_3$	48
Rhodonite	$MnSiO_3$	42

Sources: S.A. Weiss, "Manganese - The Other Uses", p. 26; United States, National Materials Advisory Board, "Manganese Reserves and Resources of the World and their Industrial Implications", p. 14.

[1] Estimated from reported mineral formula.

In these forms, manganese is added to steel melts under conditions where it is essential not to introduce carbon or silicon, as in the late stages of refining certain stainless steels.

The nonferrous industry uses the metal in making manganese bronzes which may contain up to 4 per cent manganese. Manganin and some other electrical resistance alloys which are based on copper (or more

Table 2

Traditional Specifications for Manganese Ore

Definitions	Mn (per cent)	MnO_2 (per cent)	Other
A. **Ore**			
1. Manganese ore	35+		
2. Manganiferous ore	5-35		
a) Ferruginous manganese ore	10-35		
b) Manganiferous iron ore	5[1]-10		
B. **Commercial Grades**			
1. Metallurgical	38-55		Mn:Fe 7.5 to 1
2. Chemical	38-55		Phosphorus 0.2% max.
3. Battery (typical)	44.1-53.55	70-85	

Source: T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines Mineral Commodity Profiles 1983, p. 3.
[1] In industry, the minimum cutoff may be as low as 2 per cent.

rarely, nickel) may contain as much as 27 per cent manganese. A powder form is used in making coatings and flux cores for welding rods; in submerged-arc welding the molten flux protects the pool against atmospheric oxidation.

Some cast aluminum alloys also contain up to 4 per cent manganese. Wrought alloys are made with up to 1.5 per cent, mainly to confer corrosion resistance. The metal is added as electrolytic flakes, as briquettes of pressed manganese and aluminum powders or as "nuggets" which may contain more than 60 per cent manganese. The last two forms are made from the pure metal.

Special grades of the metal, which contain up to 6 per cent nitrogen are used to introduce that element into steel for alloying purposes.

The metal is also the raw material for the production of high-purity manganese chemicals, drying agents, and catalysts. A price series for manganese metal is given in Appendix 1; prices for the principal grades are shown in Appendix 2.

Ferromanganese

Some 95 per cent of the world's manganese output is destined to be made into additives for the metal industries; the iron and steel industry consumes by far the greatest proportion of this. Ordinary carbon steels, i.e. those with no added elements other than manganese and silicon, utilize about 80 per cent of the total manganese output.

The ores are reduced in submerged-arc furnaces or, less commonly, in blast furnaces to yield manganese-iron alloys which contain various amounts of carbon or silicon (Table 3). Many industrial users apply the term "ferromanganese" only to the carbon-containing alloys but it will be used here in its wider sense to include silicomanganese.

(a) **High-carbon (standard) ferromanganese** is a product of the submerged-arc furnace or the blast furnace and contains about 75 to 80 per cent manganese and 7 per cent carbon. It still accounts for well over half of the manganese used by the North American iron and steel industry although the changing technology of steel refining and stricter control of carbon content have eroded its former dominant position in favour of the medium-carbon grade, silicomanganese or the pure metal.

(b) **Medium-carbon ferromanganese** containing typically 1.5 per cent carbon, is made either by oxygen-refining the high-carbon grade or by remelting silicomanganese with added oxide ore to oxidize the silicon.

(c) **Low-carbon ferromanganese** is also made by remelting silicomanganese with ore but a low-carbon grade is charged. The product contains less than 2 per cent carbon and grades are made containing 0.1 per cent or less.

(d) **Silicomanganese** is smelted from manganese ore in a submerged-arc furnace with additions of quartz, coke and iron turnings; manganese-rich slag from other processes is sometimes added. Silicon contents are typically 15 to 20 per cent. It finds use as a source of moderately low-carbon manganese (1.5 to 3 per cent carbon), particularly where the strong deoxidizing effect of silicon and manganese acting together is needed.

(e) **Low-carbon silicomanganese** (ferromanganese-silicon) is made by the same process but with more silica (e.g. quartz) in the charge. A higher silicon content in the product results in a lower carbon content.

Prices for the principal grades of ferromanganese are given in Appendix 2.

Table 3

Standard Grades of Ferromanganese and Other Manganese Alloys

Grade	Manganese	Carbon	Silicon (Max.)	Sulphur (Max.)	Phosphorus (Max.)
			(per cent)[1]		
A. Ferromanganese					
Standard					
A	78-82	7.5	1.2[1]	.05	.35
B	76-78	7.5	1.2[1]	.05	.35
C	74-76	7.5	1.2[1]	.05	.35
Medium-carbon					
A	80-85	1.5	1.0[1]	.02	.30
B	80-85	1.5	1.5[1]	.02	.30
Low-carbon					
A	85-90	( )[2]	2.0[1]	.02	.20
B	80-85	.75	5.0-7.0[1]	.02	.30
B. Silicomanganese					
A	65-68	1.5	18.5-21.0	.04	.20
B	65-68	2.0	16.0-18.5	.04	.20
C	65-68	3.0	12.5-16.0	.04	.20
C. Spiegeleisen					
A	16-19	6.5	1.0-3.0	.05	.08
B	19-21	6.5	1.0-3.0	.05	.08
C	21-23	6.5	1.0-3.0	.05	.08
D. Ferromanganese-silicon	63-66	.08	28.0-32.0	.05	.05

Source: G.L. DeHuff, "Manganese", in U.S. Bureau of Mines, "Mineral Facts and Problems, 1975", Bulletin 667, p. 656-7.

[1] Maximum. [2] As specified; may have any of the following maximum percentages: 0.50, 0.30, 0.15, 0.10 and 0.07.

Other Manganese-Bearing Alloys

Spiegeleisen, a form of pig-iron containing 16 to 30 per cent manganese and up to 6.5 per cent carbon, is made in the blast furnace. It was formerly important as a deoxidizing and recarburizing additive in Bessemer converters and open-hearth furnaces as well as in iron foundries but is now little used in North America.

A manganese-aluminum alloy containing more than 60 per cent manganese is used as the additive in making aluminum grades of low manganese content. Briquettes made from manganese and aluminum powder (in the proportion of 3 to 1) are also used but are, strictly speaking, a mixture rather than an alloy.

Manganese in the Iron and Steel Industry

Manganese is introduced to steel melts as a constituent of blast-furnace iron or as an additive to the steelmaking furnace or ladle. It plays three distinct roles: as a deoxidizer, a sulphide-modifier and a provider of added strength.

Manganese has a greater affinity than iron does for oxygen and combines with some of the oxygen present in partly-refined liquid steel to form globules of a liquid oxide. Its greatest effect occurs when silicon is also added with it or shortly afterwards since the deoxidizing effect of the two elements together is considerably greater than that of either added alone. The reaction product is in the form of droplets of a liquid silicate of manganese and iron, most of which are absorbed by the slag layer. This combined effect is still much milder than that of aluminum but is essential to the controlled effervescence which is a feature of tinned steels, capped steels, and semi-killed steels.

Sulphur in the form of iron sulphide in solid steel causes "hot shortness" (brittleness at high temperatures) and leads to cracking in rolling and other hot-working operations. When sufficient manganese is present, manganese sulphide is formed instead. Although the particles remain trapped in the steel they are much less harmful than those of the iron compound. A manganese-to-sulphur ratio of at least 4 to 1 is needed, with a ratio greater than 7.5 to 1 being preferred.

Where high machining rates are important, larger quantities of manganese sulphide can even be beneficial in reducing cutting-tool wear and improving the finish of machined surfaces.

Manganese is the most prevalent metallic alloying element in steel. Added in amounts of 0.3 to 1.9 per cent, it promotes the formation of a pearlitic structure, giving greater strength at a given carbon level. It also refines the grain structure and prevents the formation of cementite (Fe_3C) as embrittling grain-boundary films during cooling from high temperatures. In these ways it adds strength to rolled steel in the form

of plates, structural sections and machine parts and to steel castings. It also confers ductility and toughness upon spring steels.

Manganese improves the response of steel to quenching, so that the full hardening effect penetrates more deeply below the surface and thicker sections can be through-hardened.

There has been research on steels of higher manganese content (e.g. 4 to 6 per cent) for high yield strength. Possible uses for manganese in cryogenic steels have also been explored[1]. Steels which contain 12 to 15 per cent manganese and about 1.2 per cent carbon have the property of surface-hardening under repeated impact and abrasion. These Hadfield Manganese Steels are particularly suitable for severe applications such as rail-switch castings and the wearing surfaces in rock-crushing machinery. As much as 19 per cent is used in some non-magnetic steels. Up to 10 per cent manganese is added as a partial substitute for nickel in some stainless steels although these are not widely used in North America.

Most manganese for deoxidation and sulphide-modification is added to steel melts in the form of high-carbon ferromanganese or silicomanganese in the melting furnace. Final adjustment of the manganese content in the ladle usually calls for one of the more expensive ferromanganese grades of medium- or low-carbon content or even for manganese metal.

In the United States, close to 85 per cent of steel production in recent years has been as carbon steels which contain 0.25 to 1.65 per cent manganese. Alloy steels, containing up to 1.9 per cent account for some 13.5 per cent of output, the balance being stainless steels, usually with 0.3 to 2.0 per cent manganese and more rarely with as much as 10 per cent.

Manganese is also a constituent of cast irons, usually in amounts of 0.3 to 1 per cent. As in steel, it serves to prevent the formation of iron sulphide and strengthens the structure by stabilizing pearlite.

Manganese Chemicals

Battery and chemical uses account for some 5 per cent of manganese ore consumption. The principal manganese chemicals (Table 4) are manganese dioxide, manganous oxide, manganese sulphate and potassium permanganate.

Manganese dioxide, in addition to occurring naturally in commercial grades and quantities in the form of pyrolusite, is also produced from lower grade materials by several chemical procedures.

Electrolytic manganese dioxide (EMD), a synthetic variety, is produced by electrolyzing manganese sulphate solutions obtained by leaching carbonate or reduced oxide ores with sulphuric acid.

Table 4

Formulae and Manganese Content of Some Manganese Chemicals

		Manganese (per cent)	Main End Uses
Manganese acetate tetrahydrate	$Mn(C_2H_3O_2)_2.4H_2O$	25	Oxidation catalyst
Manganese borate			Ink drier, fire-retardant
Manganese carbonate	$MnCO_3$		Natural or intermediate product in making manganese chloride, electrolytic manganese dioxide (EMD) and manganese metal; glass and ceramics; welding rods
Manganese chelates			Fertilizers
Manganese chloride	$MnCl_2$		Glass and ceramics, other chemicals
Manganese ethylene bisdithiocarbamate (Maneb)	$(Ch_2NHCs_2)2Mn$		Fungicide
Manganese dioxide	MnO_2		Magnesium metallurgy, glass and ceramics, primary batteries
Manganese gluconate	$Mn(C_6H_{11}O_7)_2.3H_2O)$		Vitamins
Naganese hypophosphite			Removing sheen from nylon
Manganese napthenate			Paint additive and drier
Manganese oxide	MnO		Animal foods, fertilizer, micronutrients, welding rods
Manganese phosphate	$Mn(H_2PO_4)_2$		Rust proofing
Naganese resinate			Varnish and paint
Manganese sesquioxide	Mn_2O_3	69	Ferrites, semiconductors, thermisters and electronics parts
Manganese sulphate	$MnSO_4$	27-28	Fertilizer micronutrients, other chemicals
Mangano-manganic oxide	Mn_3O_4	70.6	Glass and ceramics, welding rod, coating, welding fluxes, electronics
Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT)	$CH_3C_5H_4Mn(CO)_3$		Anti-knock additive in gasoline
Potassium permanganate	$KMnO_4$		Saccharine, oxidizing agent, disinfectant, pollution control
Tribasic manganese sulphate	$3MnO.MnSO_4$		Fertilizer micronutrients

Sources: Staff, "Manganese Reserves Adequate for Chemical Manufactures: but supplies of battery-active ores are less satisfactory", Industrial Minerals, No. 30, March, 1970, p.17; S. A. Weiss, "Manganese: The Other Uses".

In addition to its main use in dry-cell batteries, manganese dioxide also has significant applications as an oxidizing agent in, for example, the production of hydroquinone, and in the manufacture of ferrites used in magnets in the field of electronics.

Manganous oxide, obtained from manganese oxide or carbonate, is an important source of trace element manganese for fertilizers and animal foodstuffs. It is also used in fluxes for welding rods.

Manganese sulphate, prepared by dissolving ores in sulphuric acid is an important intermediate product in the manufacture of manganese dioxide and manganese metal. It is also a source of manganese for mineral foods and fungicides such as "Maneb".

Potassium permanganate, prepared from manganese ore and potassium hydroxide is an important industrial oxidant. It finds application in the production of saccharine and in the purification of water supplies.

Prices for various chemicals are given in Appendix 3.

Summary of Part I

Five main groups of manganese products are used by industry: manganese ores and concentrates, manganese metal, ferromanganese, other manganese-bearing alloys and manganese chemicals.

Commercial manganese ores and concentrates contain at least 38 per cent manganese. Some high-grade variations need no preparation other than grinding for use as pigments or in batteries.

Manganese is essential to the iron and steel industry which consumes by far the largest part of world output. More than half of this is supplied as high-carbon ferromanganese but grades of lower carbon content and silicomanganese are also important. The pure metal is added only when further carbon or silicon is not wanted in the steel.

Manganese metal is used to make manganese bronzes and brasses as well as copper-based electrical resistance alloys. In smaller proportions it is added to corrosion-resisting aluminum alloys and to welding-rod coatings or flux cores.

Manganese chemicals, derived from oxide and carbonate ores, are used as oxidants in water purification and the production of hydroquinone, in dry-cell batteries, in fungicides and as sources of manganese micronutrients in animal foodstuffs and fertilizers.

Reference

1 P.L. Dancoisne, "Spotlight and Manganese", Metals and Materials, June, 1978, p. 18-24.

PART II. PRINCIPAL CANADIAN USERS OF MANGANESE SUB-PRODUCTS

Manganese Ores and Concentrates

Most manganese ores and concentrates consumed in Canada are used to make ferroalloys. Certain high-quality (natural "battery-grade" ores are used to make dry-cell batteries.

Two Canadian companies, Timminco Limited and Elkem Metal Canada Inc., both of which have plants at Beauharnois, Quebec, use manganese ore to make ferromanganese and/or silicomanganese.

Manganese ore is also used as an oxidant in zinc electrowinning operations by Canadian Electrolytic Zinc Limited, Valleyfield, Quebec; Cominco Ltd., Trail, British Columbia; Hudson Bay Mining and Smelting Co., Limited, Flin Flon, Manitoba; and, Kidd Creek Mines Ltd., Hoyle, Ontario.

Battery manufacturers Duracell Inc. of Mississauga, Ontario and the Industrial Battery Division of Gould Manufacturing of Canada, Ltd., Fort Erie, Ontario, use battery-grade manganese ores in dry-cell battery manufacture.

Consumption figures for selected years between 1970 and 1982 are given in Table 5. "Metallurgical grades" of ores and concentrates accounted for 98 per cent of consumption in the period 1978 to 1982.

Manganese Metal

Several Canadian companies use manganese metal in the manufacture of specialty steels because the large amounts of carbon or silicon introduced by other manganese addition agents would be unacceptable. The main user of this high-grade product is Atlas Steels division of Rio Algom Limited, which makes low-carbon stainless steels at its plants in Tracy, Quebec and Welland, Ontario as well as other specialty steels at its Welland plant.

The Aluminum Company of Canada, Limited (Alcan) and Canadian Reynolds Metals Company, Limited, use the metal in making certain cast and wrought aluminum alloys. The Ingot Metal Co. Limited of Toronto uses it in preparing manganese bronze ingot.

Ferromanganese

All Canadian steelmakers use ferromanganese as an addition agent in their operations. National consumption is given in Table 5 and depicted in Figure 1.

Table 5

Canada, Manganese Consumption, 1970, 1975-82

A. Manganese Ore

	Consumption		
	Metallurgical Grade	Battery and Chemical Grade	Total
	(gross weight tonnes)		
1970	151 692	2 155	153 847
1975	158 556	2 420	160 976
1976	236 411	2 219	238 630
1977	198 115	2 430	200 545
1978	198 560	2 760	201 320
1979	58 587	3 056	61 643
1980	154 347	3 333	157 680
1981	284 607	4 301	288 908
1982	127 451	3 376	130 827

B. Ferromanganese

	Low-carbon	Medium-carbon	High-carbon	Silicomanganese	Total
	(gross weight tonnes)				
1970	3 093	6 203	65 398	23 258	97 952
1975	410	10 706	71 819	12 934	95 869
1976	514	8 093	64 417	10 663	83 687
1977	499	6 899	64 902	10 167	82 467
1978	810	4 732	51 032	12 775	69 349
1979	1 203	9 506	56 398	22 322	89 429
1980	526	13 249	58 467	23 554	95 796
1981	505	17 001	47 424	18 956	83 886
1982	1 755	10 409	39 335	17 654	69 153

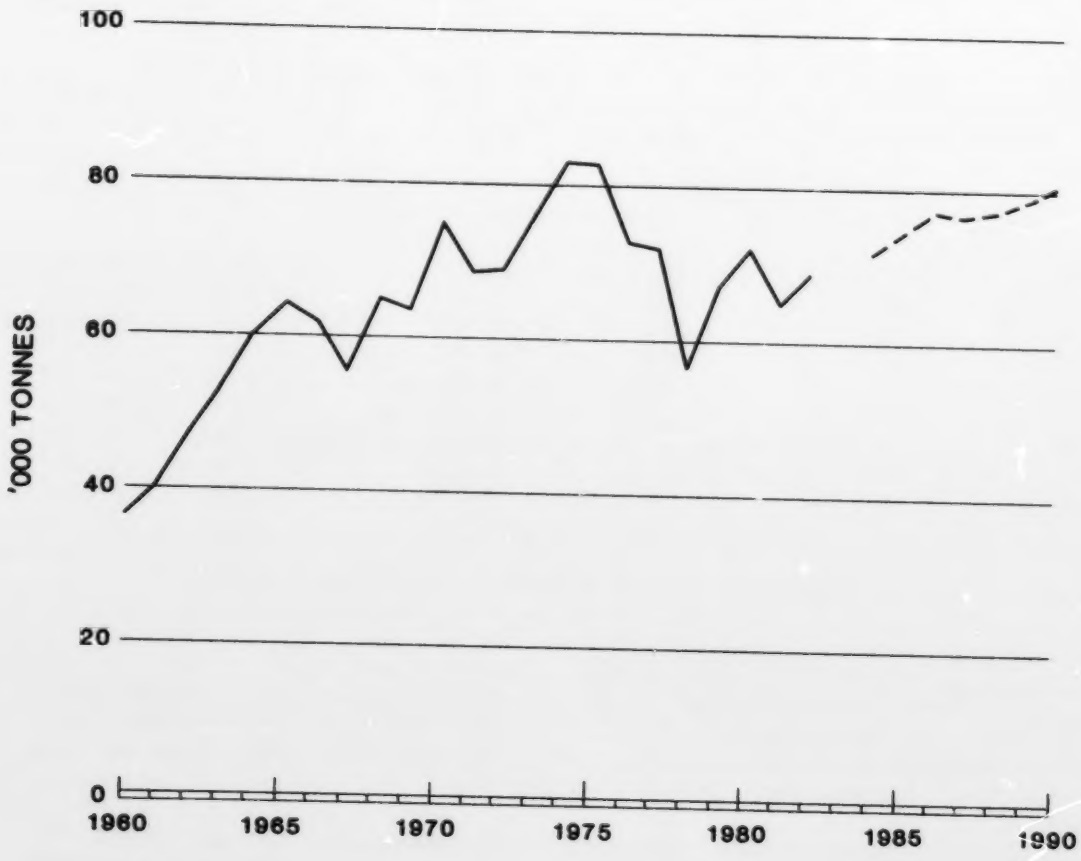
Sources: Energy, Mines and Resources Canada; Statistics Canada.

Major consumers are: The Algoma Steel Corporation, Limited, Sault Ste. Marie, Ontario; Dofasco Inc., Hamilton, Ontario; Sidbec-Dosco Inc., Contrecoeur, Quebec; Stelco Inc., Hamilton and Nanticoke, Ontario; and Sydney Steel Corporation, Sydney, Nova Scotia.

In recent years, high-carbon ferromanganese has accounted for some 58 per cent, silicomanganese for 25 per cent and medium-carbon ferromanganese for some 15 per cent of the tonnage of ferromanganese consumed in Canada.

FIGURE 1

CANADA, CONSUMPTION OF FERROMANGANESE (Total for High-Carbon, Medium-Carbon and Low-Carbon Grades) 1960-82, AND PROJECTION TO 1990



The increasing use of ladle-refining and processing in the Argon-Oxygen Decarburization (A.O.D.) converter is shifting the pattern of consumption towards more of the lower-carbon grades and silicomanganese in place of the high-carbon grade.

Ferromanganese is also used by Canadian foundries as an alloying agent for steel castings and forgings.

Canada also exports ferromanganese; between 1978 and 1982 average exports amounted to 20 000 tpy.

Other Manganese-Bearing Alloys

Canadian Reynolds Metals Company, Limited uses aluminum-manganese master alloys to make aluminum alloys.

Davie Shipbuilding, Limited of Lauzon, Quebec uses manganese-copper alloys in bushings; manganese bronze is one of the raw materials used by Osborne Propellers, Ltd. of Vancouver, British Columbia, to make ship's propellers.

Manganese Chemicals

Synthetic manganese dioxide is used by Canadian battery manufacturers in certain types of dry-cell batteries. Potassium permanganate finds application as an oxidant in cadmium recovery operations.

Manganese chemicals are used by Dussek Campbell Limited, of Belleville, Ontario, in making oil soluble metal carboxylates, by Nuodex Canada, Limited of Toronto to make paint and ink driers and by water authorities such as the Public Service Commission of Halifax, Nova Scotia and the Ontario Ministry of the Environment (Dufferin Creek Water Pollution Control plant, Pickering) for water purification.

Summary of Part II

Imported manganese ores and concentrates are used in Canada to make high-carbon ferromanganese and silicomanganese. This is by far the most important use of the element in Canada and supplies a critical need of the Canadian steel industry. Ferromanganese of medium- and low-carbon contents is not made in Canada.

Manganese ore is also used to make dry-cell batteries and as an oxidant in Canadian zinc electrowinning operations. Such other uses only account for about 2 per cent of Canadian ore consumption.

Manganese metal is imported for making specialty steels, manganese bronzes for marine equipment and aluminum alloys with improved corrosion resistance.

Imported manganese-aluminum master alloys are used in making manganese-bearing aluminum alloys.

Manganese chemicals find Canadian applications in dry-cell batteries, as raw materials for paints, in cadmium refining operations and in water purification.

PART III. CANADA'S SOURCES OF MANGANESE SUB-PRODUCTS

A. Domestic

Manganese Ores and Concentrates

No manganese ores are now mined in Canada. The last recorded production was in 1957, when a test shipment of manganese concentrates was sent from Woodstock, New Brunswick, to Niagara Falls, Ontario.

Manganese Metal

There are no manganese metal production facilities in Canada.

Ferromanganese

Two companies, Timminco Limited and Elkem Metal Canada Inc., produce standard ferromanganese and silicomanganese at Beauharnois, Quebec. Production capacities are sufficient to satisfy all Canadian domestic requirements for high-carbon ferromanganese and silicomanganese.

There are no facilities in Canada for producing low- or medium-carbon ferromanganese.

Other Manganese-Bearing Alloys

Manganese bronze ingot is made by the Ingot Metal Co., Limited of Toronto, Ontario, General Metals Industries Limited of Vancouver, British Columbia, and other secondary metal companies from manganese metal and scrap.

No manganese-aluminum master alloys are made in Canada. Alcan and Canadian Reynolds Metals Company, Limited make manganese-bearing aluminum alloys by adding manganese metal or manganese-aluminum master alloy to aluminum metal.

Manganese Chemicals

No primary manganese chemicals are known to be produced in Canada. Secondary manganese chemicals, such as water-soluble metal carboxylates produced by Dussek Campbell Limited of Belleville, Ontario and Nuodex Canada, Limited of Toronto, Ontario, may be produced in Canada in the course of the manufacture of further processed products.

B. Foreign

Table 6 shows the amounts of manganese sub-products that are reported to have been imported into Canada. Canadian customs tariffs applicable to various manganese materials are given in Appendix 4.

Manganese Ores and Concentrates

In 1983, 92 per cent (by weight of estimated manganese content) of Canadian imports came from three countries: Gabon (49 per cent), mostly for ferroalloy purposes, but some for use in dry-cell batteries, Brazil (24 per cent), and South Africa (19 per cent). The remaining 8 per cent of imports reached Canada from the United States.

As the United States does not produce any manganese ores, shipments from that country represented either withdrawals from previously imported U.S. stocks or re-exports of materials such as "battery grade" ores that had been imported into the United States from other countries.

The provenance of Canadian manganese imports has varied somewhat over the past five years. From 1979 to 1983, Gabon supplied 52 per cent; South Africa, 23 per cent; and Brazil 18 per cent. In 1982 and 1983, Brazil, accounting for some 26 per cent of imports, displaced South Africa (17 per cent) from second place.

Ore mined at the Compagnie Minière de l'Ogooué's mine at Moanda in Gabon is sent by aerial tramway to M'binda in the neighbouring Congo Republic (Figure 2) transported over the Congo-Ocean railway to Pointe Noire on that country's Atlantic coast and then sent by sea to Beauharnois, Quebec.

South African manganese ore, which is mined in northwestern Transvaal, is sent 1 200 km by rail to Port Elizabeth on the Indian Ocean for shipment by sea to North America (Figure 3).

The levels of stocks held in Canada vary from company to company. Some firms add to their existing stocks on a regular basis, others obtain their requirements in large shipments which are then depleted over several months. The industry as a whole may be said to have at least one month's consumption requirements on hand.

Table 6

Canada, Manganese Imports, 1981 and 1982

	1981		1982[p]	
	(tonnes)	($000)	(tonnes)	($000)
1. Manganese in ores and concentrates[1]				
Gabon	59 076	11,241	37 816	7,508
Brazil	12 468	2,512	19 935	4,023
South Africa	43 052	5,620	10 746	2,011
United States	5 147	2,194	3 158	1,209
Mexico	4	1	-	-
Total	119 746	21,542	71 655	14,751
2. Manganese metal				
a) Primary forms				
South Africa	9 647	11,931	330	614
China	224	333	150	204
United States	291	471	53	98
Japan	75	126	-	-
West Germany	5	5	-	-
Total	10 242	12,866	533	917
b) Fabricated materials				
United States	92	111	147	243
South Africa	36	59	100	154
West Germany	-	-	-	-
France	1	1	-	-
Total	129	171	248	398
c) Primary forms and fabricated materials				
South Africa	9 684	11,990	430	769
United States	383	582	201	341
People's Republic of China	224	333	150	204
Japan	75	126	-	-
West Germany	4	5	-	-
France	1	1	-	-
Total	10 371	13,037	781	1,314
3. Ferromanganese, including spiegeleisen[2]				
a) High-carbon				
South Africa	10 951	4,147	6 520	2,561
United States	1 721	1,228	2 795	1,228
France	-	-	1 270	250
Norway	1 050	594	200	120
Mexico	170	90	22	11
Total	13 892	6,059	10 807	4,172

Table 6. (cont'd)

	1981		1982[p]	
	(tonnes)	($000)	(tonnes)	($000)
b) Medium-carbon				
United States	11 900	13,763	7 120	8,039
South Africa	5 394	4,167	4 816	3,424
Mexico	41	24	519	422
France	208	193	423	425
Norway	2 440	2,276	-	-
Total	19 984	20,424	12 879	12,309
c) Low-carbon				
United States	1 446	2,221	1 267	1,871
Norway	309	481	-	-
France	83	103	-	-
Mexico	18	12	-	-
Total	1 855	2,817	1 267	1,871
d) Spiegeleisen				
United States	20	19	-	-
Total	20	19	-	-
e) Ferromanganese, silicon				
United States	908	959	137	104
Total	908	959	137	104
f) All grades				
United States	15 995	18,190	11 319	11,243
South Africa	16 344	8,324	11 335	5,985
France	290	296	541	433
Mexico	229	126	200	120
Norway	3 798	3,551	1 693	675
Total	36 656	30,277	25 088	18,456
g) Silicomanganese[2]				
Norway	4 396	1,601	1 537	866
South Africa	4 563	2,167	960	482
United States	2 476	3,740	380	372
Brazil	1 200	567	-	-
Mexico	34	21	-	-
Total	12 669	8,096	2 877	1,720
4. Manganese alloys				
a) Primary forms				
United States	45	114	84	224
France	2	38	-	-
Total	46	151	84	224

Table 6. (cont'd)

	1981		1982p	
	(tonnes)	($000)	(tonnes)	($000)
b) Fabricated materials				
United States	94	248	32	91
West Germany	-	-	1	34
Sweden	19	21	-	-
Total	113	269	33	125
c) Primary forms and fabricated materials				
United States	139	362	116	315
West Germany	-	-	1	39
France	2	38	-	-
Sweden	19	21	-	-
Total	160	420	117	349
5. Manganese oxide group				
a) Manganese oxide, except natural				
United States	1 285	661	1 930	1,028
Japan	31	59	-	-
Greece	21	44	-	-
Total	1 337	764	1 930	1,028
b) Manganese hydroxide				
United States	79	84	29	41
Total	79	84	29	41
c) Manganese peroxide and dioxide				
United States	1 470	1,241	1 613	1,598
Greece	441	831	420	789
Japan	35	67	101	207
Netherlands	4	3	3	2
United Kingdom	-	-	-	-
Total	1 951	2,143	2 137	2,596
6. Other manganese chemicals				
a) Manganese acetate				
United States	15	27	-	-
Total	15	27	-	-
b) Manganese chloride				
United States	92	136	75	121
West Germany	36	3	-	-
Total	128	139	75	121
c) Manganese salts of inorganic acids, not elsewhere specified				
United States	4	27	2	27
France	-	1	1	3
West Germany	21	60	-	-
Total	25	88	3	30

Table 6. (cont'd)

	1981		1982P	
	(tonnes)	($000)	(tonnes)	($000)
d) Manganese sulphate				
United States	843	171	524	101
West Germany	48	8	14	2
United Kingdom	-	-	5	1
China	21	3	-	-
Total	911	182	544	104
e) Potassium permanganate				
United States	369	918	328	835
Spain	-	-	33	61
United Kingdom	18	44	-	-
Total	387	962	361	896
7. Manganese fertilizer materials				
a) Maneb, formulated pesticide				
United States	432	1,460	477	1,654
Total	432	1,460	477	1,654
b) Maneb, technical				
United States	18	48	-	-
Total	18	48	-	-

Sources: Energy, Mines and Resources Canada; Statistics Canada.

[1] Mn content; [2] Gross weight.
P Preliminary; - Nil.

Manganese Metal

In recent years, most of the manganese metal consumed in Canada has been imported from South Africa. Lesser amounts originate in the People's Republic of China and are also imported from the United States, where various grades of manganese metal are made from imported raw materials.

Alcan, the largest domestic consumer of manganese metal normally keeps at least two months' supply on hand.

Elkem Metal Canada Inc. maintains only minimal stocks of metal in Canada, because it can obtain rapid deliveries from the Elkem Metals Company, which has a manganese metal production plant in the United States.

FIGURE 2

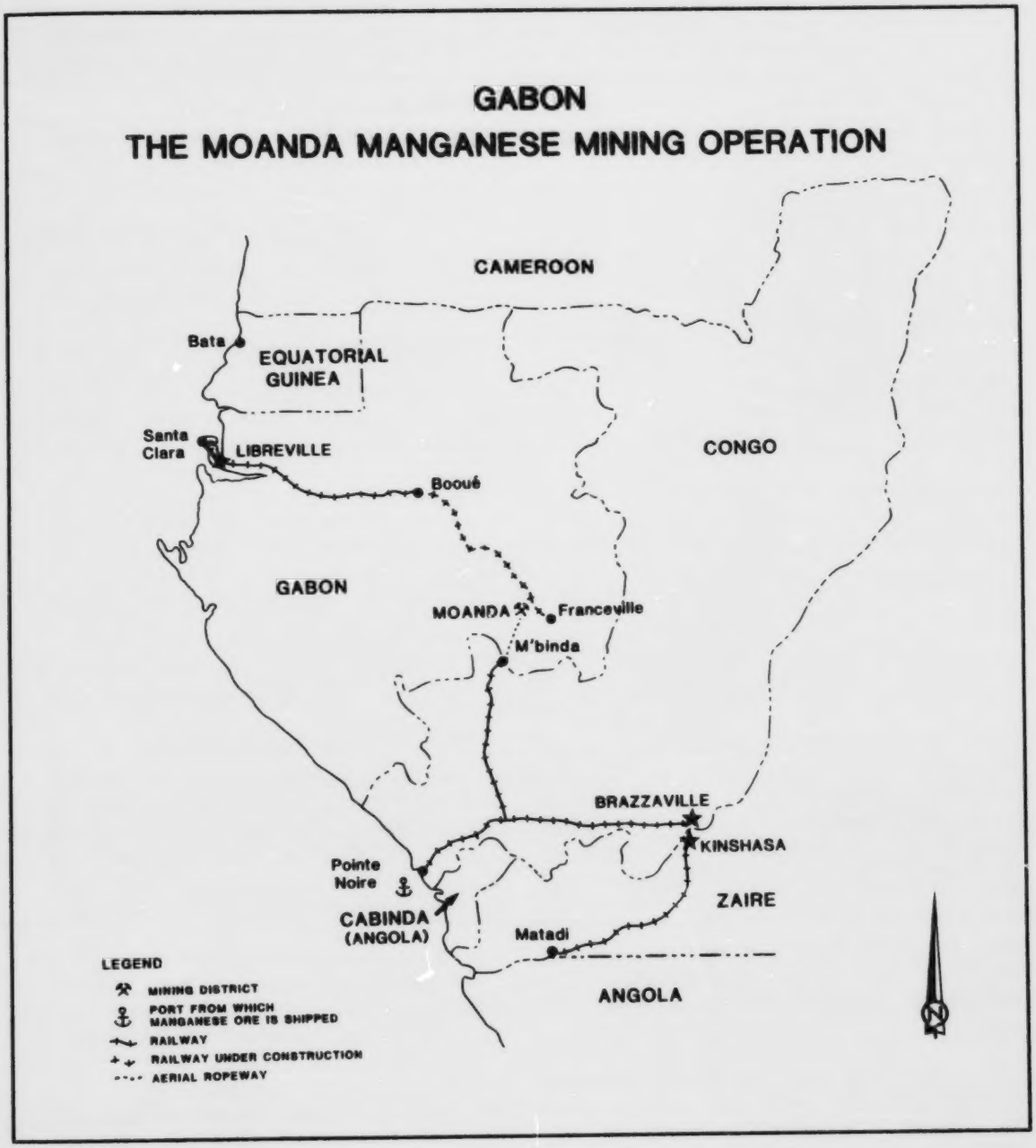
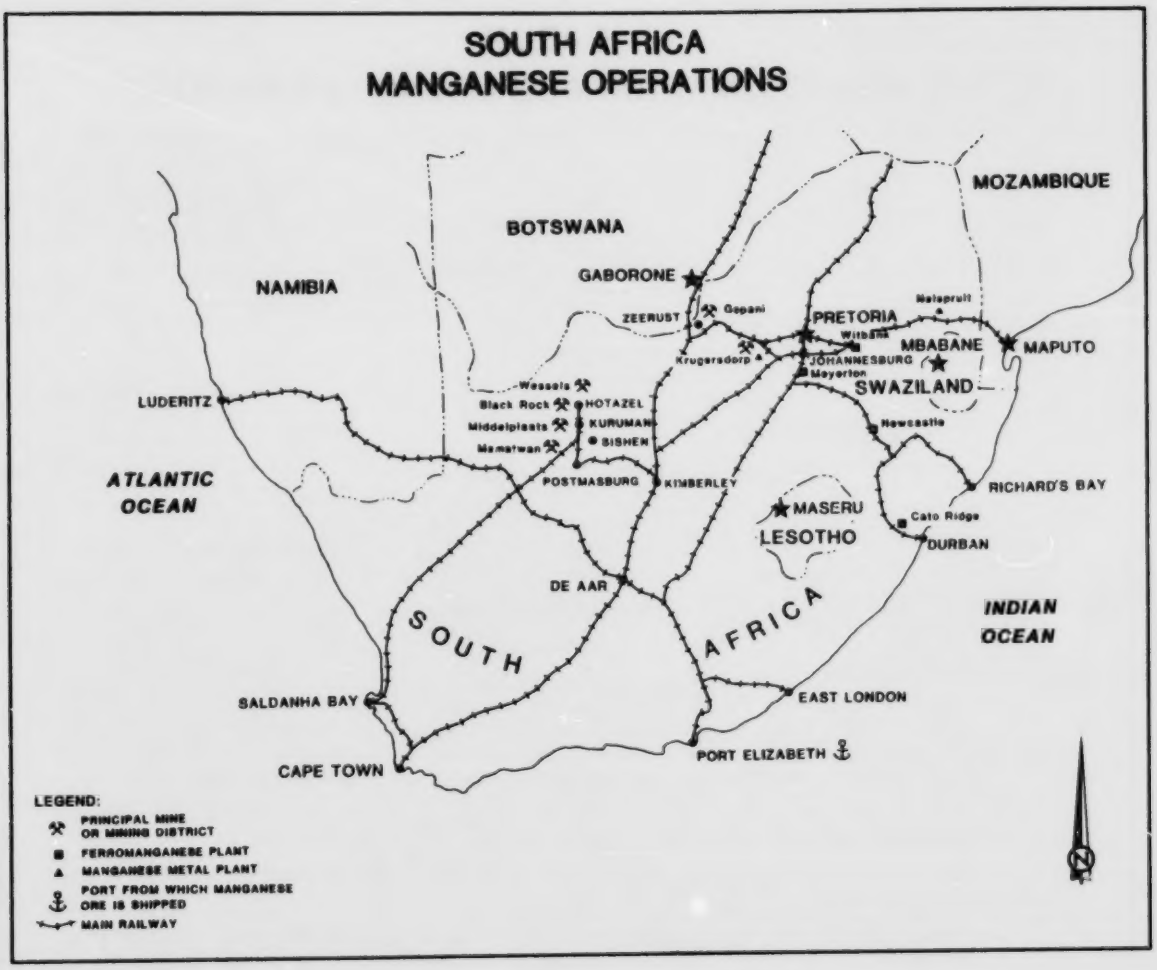

GABON
THE MOANDA MANGANESE MINING OPERATION
CAMEROON
Bata
EQUATORIAL GUINEA
Santa Clara
LIBREVILLE
CONGO
Booué
GABON
MOANDA
Franceville
M'binda
BRAZZAVILLE
KINSHASA
Pointe Noire
ZAIRE
CABINDA (ANGOLA)
Matadi
ANGOLA
LEGEND
MINING DISTRICT
PORT FROM WHICH MANGANESE ORE IS SHIPPED
RAILWAY
RAILWAY UNDER CONSTRUCTION
AERIAL ROPEWAY

FIGURE 3


SOUTH AFRICA
MANGANESE OPERATIONS
MOZAMBIQUE
BOTSWANA
NAMIBIA
GABORONE
ZEERUST
Gopani
PRETORIA
Wilgespruit
Nelspruit
MBABANE
MAPUTO
Krugersdorp
JOHANNESBURG
Meyerton
SWAZILAND
Newcastle
Wessels
Black Rock
HOTAZEL
Middelplaats
KURUMAN
Mamatwan
BISHEN
LUDERITZ
ATLANTIC
OCEAN
POSTMASBURG
KIMBERLEY
MASERU
LESOTHO
Cato Ridge
DURBAN
RICHARD'S BAY
DE AAR
SOUTH
AFRICA
INDIAN
OCEAN
SALDANHA BAY
EAST LONDON
PORT ELIZABETH
CAPE TOWN
LEGEND:
PRINCIPAL MINE OR MINING DISTRICT
FERROMANGANESE PLANT
MANGANESE METAL PLANT
PORT FROM WHICH MANGANESE ORE IS SHIPPED
MAIN RAILWAY
N

Ferromanganese

About one quarter of the high-carbon (standard) ferromanganese consumed in Canada is imported, mostly from South Africa. Other major supplying countries are France, Norway, and the United States.

All of the medium-carbon and low-carbon ferromanganese used in Canada is imported. The United States is the main source of these grades (which it makes from imported raw materials). Other sources of supply are South Africa, France, Norway and Mexico.

The marketing division of Elkem Metal Canada Inc. and metal merchants such as Phillip Brothers (Canada) Ltd. handle imports of ferromanganese.

In practice, it is these direct importers located in Canada who maintain stockpiles of imported grades on which domestic consumers draw. The levels of stocks held in Canada by agents of foreign ferromanganese producers vary from company to company. It is estimated that they are, in general, of the order of one month's Canadian consumption.

Canadian consumers purchase their requirements for imported grades from the intermediate sources according to a long-term contract, a blanket purchase agreement, or on a spot basis. Stockpiling practices vary from consumer to consumer depending on the quantity and quality of ferromanganese that is being used. In general, consumer stocks are kept to a minimum.

Manganese Chemicals

Nearly all of Canada's requirements for manganese chemicals are imported. The United States, with at least four major producers of manganese chemicals, Carus Chemical Co., Lasalle, Illinois (North America's only manufacturer of potassium permanganate); Chemetals Incorporated, Glen Burnie, Maryland; Kerr-McGee Chemical Corporation, Oklahoma City, Oklahoma; and Mallinckrodt, Inc., St. Louis, Missouri; is Canada's most important supplier of these products.

Other countries such as China (potassium permanganate), Greece (electrolytic manganese dioxide), Japan (electrolytic manganese dioxide) and Spain (potassium permanganate) have also supplied various manganese chemicals to Canadian consumers.

Chemical products may be imported directly from producers, or through Canadian importers such as Canada Colors and Chemicals Limited of Toronto or A.S. Patterson Co. Ltd., of Willowdale, Ontario. Stocks of manganese chemicals held by industrial consumers vary from six weeks' to three months' consumption.

Summary of Part III

As is shown in Table 7, Canada is entirely dependent upon imports for all of its manganese products except for high-carbon ferromanganese and silicomanganese (made in Canada from imported manganese ore) and some secondary manganese chemicals.

Between 1979 an 1983, Canada obtained 75 per cent of its manganese ores and concentrates from Africa (Gabon, 52 per cent; South Africa, 23 per cent) and another 18 per cent from Brazil. South Africa is Canada's principal source of manganese metal.

Canada, can, if necessary, supply all of its domestic requirements for high-carbon ferromanganese and silicomanganese from existing Canadian plant capacity.

There are no domestic sources of low-carbon or medium-carbon ferromanganese. South Africa is an important supplier of medium-carbon material. The United States, Norway and France supply low-carbon grades, but none of these countries have indigenous sources of manganese ores.

Industrial consumers of manganese ores and concentrates, and ferromanganese suppliers located in Canada, generally maintain stocks equal to at least one month's consumption.

Table 7

Principal Sources of Canada's Manganese Sub-Products

	Domestic	Foreign
A. Manganese ores and concentrates	nil	Gabon, South Africa, Brazil, United States (trans-shipments)
B. Manganese metal	nil	South Africa, United States, China
C. Ferromanganese		
a) high-carbon	produced by Elkem Metal Canada Inc. and Timminco Limited	South Africa, United States, France, Norway
b) medium-carbon	nil	United States, South Africa, France, Mexico, Norway
c) low-carbon	nil	United States, Norway, France
d) silicomanganese	produced by Elkem Metal Canada Inc. and Timminco Limited	Norway, South Africa, United States, Brazil
e) spiegeleisen	nil	United States
D. Other Manganese-bearing Alloys		United States, West Germany, France, Sweden
E. Manganese Chemicals		United States, Greece, Japan, Spain

PART IV. WORLD SUPPLY CAPABILITY

Manganese Ores and Concentrates

(i) World Reserves

World reserves of manganese, as of January 1983, are shown in Table 8. These figures presumably represent exploitable material that is reasonably well known. According to the figures in Table 8, some 93 per cent of world reserves are located in South Africa, U.S.S.R., Gabon and Australia.

(ii) Current World Supply Capability

Estimated world manganese production capacity is given in Table 9. As can be seen from this table, 34.5 per cent of world production capability is located in non-market-economy countries. A further 24.7 per cent is based in South Africa.

Gabon has the greatest capacity for producing high-grade natural battery ore. The importance of Mexico as a producer of this material is expected to continue to grow.

The United States holds metallurgical, chemical and natural battery grades of manganese ores and concentrates in its National Defense Stockpile (Appendix Table A-1).

(iii) World Output in Recent Years

The principal world producers of manganese ores and concentrates are listed in Table 10; producing countries are shown in Figure 4. Country by country reviews are given in Appendix 5 and output statistics for recent years are presented in Table 11. Manganese ore and concentrate output is currently well below supply capability.

In 1982, seven countries accounted for 95.5 per cent of world output of manganese ore: U.S.S.R., 41.0 per cent; South Africa, 23.2 per cent; China, 7.1 per cent; Gabon, 6.8 per cent; India, 6.5 per cent; Brazil, 5.8 per cent and Australia, 5.0 per cent.

Between 1960 and 1982, major shifts occurred in the relative standings of manganese-producing countries. During that period, the percentage of world output of manganese ore accounted for by South Africa rose from 8.8 to 23.2 per cent, that accounted for by Gabon from nothing to 6.7 per cent and that produced in Australia from 0.5 to 5.0 per cent.

Table 8
World Manganese Reserves

	Thousands of tonnes of manganese content	Per cent of total
Australia	46 800	5.2
Brazil	19 000	2.1
China	13 600	1.5
Gabon	99 800	11.0
Ghana	3 600	0.4
India	19 500	2.1
Mexico	3 200	0.4
Morocco	500	0.1
South Africa	369 200	40.7
U.S.S.R.	331 100	36.5
Total[1,2]	907 000	100.0

Source: T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines Mineral Commodity Profiles 1983, p. 8.
[1] The countries listed account for all but 1 or 2 per cent of known reserves. Bulgaria, Hungary and Japan are currently the most significant of the producing countries not included. [2] Rounded.

Table 9

Nominal World Manganese Production Capacity, 1982

Country	Thousand tonnes of manganese content of ores and concentrates per year	Per cent
Australia	1 180	9.9
Brazil	1 220	10.2
Bulgaria	20	0.2
Chile	10	0.1
China	500	4.2
Gabon	1 180	9.9
Ghana	140	1.2
Hungary	40	0.2
India	730	6.1
Japan	30	0.3
Mexico	270	2.3
Morocco	80	0.7
South Africa	2 950	24.7
United States	40	0.3
U.S.S.R.	3 450	28.9
Other countries	90	0.8
World total	11 900[1]	100.0

Source: T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines Mineral Commodity Profiles 1983, p. 10.
[1] Rounded.

Table 10

Principal World Manganese Ore and Concentrate Producers

Country	Company	Production Capacity (1984) (tonnes per year)
Australia	Groote Eylandt Mining Co. Pty Ltd. (GEMCO), Groote Eylandt, Northern Territory (Broken Hill Proprietary Co. Ltd. group)	2.3 million (ore)
Brazil	Industria e Comércio de Minérios S.A. (ICOMI), Serra do Navio, Amapa Territory 51 per cent, Companhia Auxiliar de Empresas de Mineracao (CAEMI) group 49 per cent	2.5 million (crude ore) 1.5 million concentrates
China	State	
Gabon	Compagnie Minière de l'Ogooué S.A. (COMILOG), Moanda mine, Franceville	2.4 million
Ghana	Ghana National Manganese Corporation, Nsuta (sales agent: CAEMI International)	1 100-1 500 tpd 50 per cent Mn nodules from carbonate ore
Greece	Eleusis Bauxite Mines Mining, Industrial & Shipping Inc., Drama, Eastern Macedonia	about 10 000 (battery-grade ore)
India	Manganese Ore (India) Ltd. (MOIL), Nagpur, Maharashtra	100 000 - 500 000 output
Mexico	Compania Minera Autlán S.A. de C.V., Molango mine, Hidalgo state	Mine capacity 700 000 ore (expected 1983). Nodule plant at Ayotetla has production capacity of 525 000
Morocco	S.A. Chérifienne d'Etudes Minières (SACEM), Imini Mine	1982 output some 90 000 t. Reserves at Imini mine reported nearing exhaustion.
Republic of South Africa	The Associated Manganese Mines of South Africa Ltd. (Anglo-Transvaal Consolidated Investments Co. Ltd. group); Nchwaning, Gloria and Black Rock mines, Sishen, Cape Province.	4.0 million (Nchwaning 2.0; Gloria, 1.0; and Black Rock, 1.0)
	S.A. Manganese Amcor Ltd. (SAMANCOR) (Anglo American Corporation of South Africa Ltd. group 35 per cent); Hotazel, Wessels, Mamatwan, and Middelplaats mines, Kuruman district, Cape Province.	4.6 million (Hotazel and Wessels 2.0; Mamatwan 1.5; and Middelplaats 1.1
U.S.S.R.	State, Ordzhonikidze and Marganets mining complexes, Nikopol, Ukraine; Chiatura mining complex, Georgia.	10.0 million (1981) - (Ordzhonikdze 3.2; Marganets 3.1; Chiatura 2.7)

Sources: "1983 Ferro Alloy Manual," The TEX Report Co. Ltd. Tokyo, Japan; U.S. Bureau of Mines, "Minerals Yearbook," 1979-1982.

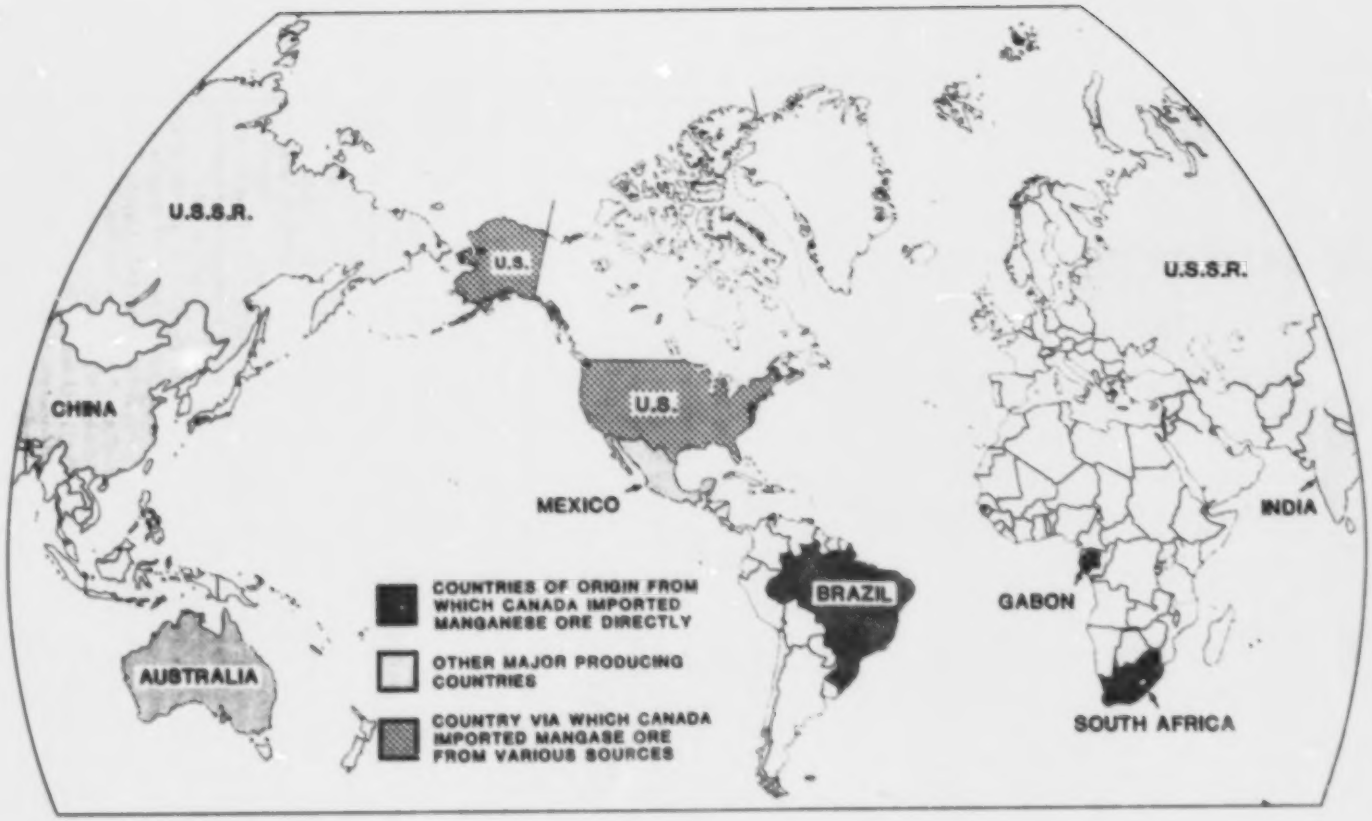
Table 11

World Production of Manganese Ore, by Country[1], Selected Years from 1960 to 1982[2]

	Per cent Mn[e]	1960	1970	1980	1981[p]	1982[e]
			(000 tonnes, gross weight)			
Australia	37-53	62	751	2 019	1 449	1 132[4]
Brazil	38-50	999	1 879	2 282	2 042	1 300
Bulgaria	30-	25	33	49	45	50
Chile	32-36	46	27	28	25	24
China	20+	1 200[e]	998[e]	1 588[e5]	1 597[e5]	1 597[e5]
Gabon	50-53	0	1 453	2 146	1 488	1 512[4]
Ghana	30-50	545[6]	405	252	225	132
Greece	48-50	31	7	5	5	5
Guyana	40-42[3]	125	0	0	0	0
Hungary	30-33	123	169	83[7]	71[7]	93[7]
India	10-54[8]	1 306	1 651	1 646	1 526	1 448[4]
Indonesia	47-56	11	11	5	3	4
Italy	30-	49	51	9[9]	9[9]	9[9]
Ivory Coast	32-47[3]	73	23	0	0	0
Japan	24-28	324	270	80	87	82[4]
Mexico	27+	155	274	447	578	509[4]
Morocco	50-53	483	112	132	110	94[4]
Philippines	35-45	17	5	3	3	3
South Africa	30-48+	1 194	2 679	5 695	5 033	5 216[4]
Thailand	46-50	1	24	54	11	8
United States	35+[3]	73[10]	4[10]	0	0	0
U.S.S.R.	30-33[11]	5 872	6 841	9 752[11]	9 153[11]	9 199[11]
Zaire	30-57	382	347	16	31	4
Other countries[e]		502[12]	208[13]	73[14]	46[15]	35[15]
World Total[16]	XX	13 598	18 222	26 364	23 543	22 456

Sources: G.L. DeHuff, "Manganese" U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook, Volume I: 1964, p. 746; 1972, p. 763-4; and T.S. Jones, "Manganese" Preprint from the 1981 U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, p. 2; 1982, p. 11.
P Preliminary; e Estimated; XX Not applicable.

1 In addition to the countries listed and those included under other countries in certain years (see footnotes 12-15), Colombia (1980-82); Cuba (1970 and 1980-82); Madagascar (1960); Namibia (1960 and 1980-82); and Sweden (1960) may have produced ore and/or manganiferous ore, but available information is inadequate to make reliable estimates of output levels. Low-grade ore not included in this table has been reported as follows in thousand tonnes: Argentina (16 per cent to 22 per cent Mn) 1980 - 6; 1981 - 3; 1982 - 2; Czechoslovakia (13 per cent to 17 per cent Mn) 1970 - 100; 1980-82 - an estimated 1; Egypt 1960 - 256; Malaysia (grade unspecified but apparently a manganiferous ferruginous ore) 1980 - 4; Romania (about 22 per cent) 1970 - 127, an estimated 82 in 1980-82; the Republic of South Africa (15 per cent to 30 per cent Mn, in addition to material listed in table) 1970 - 374; United States 1980 - 158, 1981 - 159, 1982 - 29. 2 Table includes data available through July 6, 1983. 3 Estimate from 1982 reference except for Guyana, 1964 reference; Ivory Coast, 1972 reference and the United States, 1964 reference. 4 Reported figure. 5 Includes manganiferous ore. 6 Exports (dry weight). 7 Concentrate. Prior to 1978, crude ore tonnages (18 per cent to 26 per cent Mn) were reported. 8 Much of India's production grades below 35 per cent Mn. 9 From wastes. 10 Shipments. 11 Reported in Soviet sources. Grade represents the annual averages obtained from reported metal contents of the gross weights shown. 12 Angola, Argentina, Bolivia (exports), Botswana, Burma, Cuba (U.S. imports), Egypt, Ethiopia, Fiji, Iran, Malaysia, Namibia, New Zealand, Pakistan, Papua New Guinea, Peru, Portugal, Romania, South Korea, Spain, Sudan, Turkey, Yugoslavia, Zambia, and Zimbabwe. 13 Angola, Argentina, Bolivia (exports), Botswana, Burma, Colombia, Egypt, Fiji, Iran, Pakistan, Peru, Portugal, South Korea, Spain, Sudan, Turkey, Vanuatu, and Yugoslavia. 14 Bolivia (exports), Egypt, Pakistan, South Korea, Sudan, Turkey, Yugoslavia. 15 Bolivia (exports), Egypt, Pakistan, Sudan, Turkey, Yugoslavia. 16 Rounded.



PRINCIPAL PRODUCERS OF MANGANESE ORE, 1982

FIGURE 4

Declines were observed in the proportions of world ore production accounted for by several long-term producers: Ghana, 4.0 to 0.6 per cent; India, 9.6 to 6.5 per cent; Morocco, 3.6 to 0.4 per cent; and, Zaire, 2.8 per cent to almost nil.

(iv) Additions to Production Capacity

Additions to world manganese ore production capacity under consideration in 1984 are listed in Table 12. Brazil has started to truck high-grade manganese ore from its new mining operation in the Carajás region.

Manganese Metal

World Capacity

Manganese metal producers are listed in Table 13. Some 40 per cent of reported world manganese metal production capacity is located in South Africa, where the metal is produced form local ores.

The United States (38 per cent of estimated world capacity), France (12 per cent), Japan and Italy all produce manganese metal from imported ores.

Ferromanganese

(i) World Capacity and Output in Recent Years

World ferromanganese producers are listed in Table 14 and shown in Figure 5. Notes on producing countries are given in Appendix 6; figures for reported output of materials in the ferromanganese group in the years 1979 to 1982 are presented in Tables 15 to 17.

World ferromanganese output is less concentrated than in the case of ores and concentrates. In 1982, the top five producers, U.S.S.R. (27.5 per cent), Japan, (10.1 per cent), South Africa (8.3 per cent), China (7.3 per cent) and France (6.3 per cent), accounted for only 60 per cent of world ferromanganese output (80 per cent for manganese ores).

In 1982, western world output of about 3.0 million t was equivalent to some 40 per cent of installed capacity. Although total output from industrialized countries still accounts for some 30 per cent of world output, the past decade has seen a steady decline in the world role of ferromanganese producers in the United States and the European Economic Community.

Table 12

Additions to World Manganese Ore Production Capacity under Consideration in 1984

Country and Company	Location	Comments
Australia		
Groote Eylandt Mining Co. Pty. Ltd. (GEMCO)	Groote Eylandt	possible expansion of production capacity from 2.5 million tpy (1982) to 3.0 million tpy plan dormant, 1984
Burkina Faso (formerly called Upper Volta)		
Government	Tambao deposit	under study since 1975 - shelved 1984, construction of 360 km railroad a prerequisite to development
La Compagnie Minière de Kiéré (Comiki)	Kiéré deposit	deposit close to railroad, feasibility study for 20 000 - 25 000 tpy mine under way 1984
Brazil		
Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)	Igarapé Azul, Carajas	initial annual output of some 450 000 t from 40 000 000 t, 40 per cent Mn, deposit planned after completion of railroad from Serra Dos Carajas to Ponta da Madeira, Maranhao State on coast Exports to be limited to 25 per cent of output. Plans reported shelved 1984; but production of battery-grade ore has commenced with ore being trucked to the port of Itaqui
Ghana		
Ghana National Manganese Corporation	Nsuta	output destined for export to be increased from 300 000 tpy to 450 000 tpy by mid-1987
Mexico		
Compania Minera Autlán S.A. de C.V.	Naopa, Molango district Hidalgo state	expansion of Teziutlan, Puebla, underground mine. New mine at Naopa under consideration 1982

Sources: "Upper Volta", Mining Annual Review - 1983", p. 421; T. Q. Lyday, "The Mineral Industry of Brazil", Preprint from the 1982 U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, p. 17; Staff: "New Development Highlights", E & MJ International Directory; Mining Activity Digest, Vol. 10, No. 12, May 18, 1984, p. 2; O. Marino, "The Mineral Industry of Mexico", Preprint from the 1982 U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, p. 9; C.R. Tinsley, "Manganese: Bleak Steel Markets Better Ore Prices", Engineering and Mining Journal, Vol. 185, No. 3, March 1984, p. 57-58; and C. Wyche, "The Mineral Industry of Australia", Preprint from the 1982 U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, p. 17.

Table 13

World Manganese Metal Production Capacity

Country and Company	Location	Capacity (tonnes)
Brazil		
Prometal - Produtos Metalurgicos SA	Sao Paulo	*
China	-	*
Czechoslovakia		
Banska Bystrica Manganese Works	Banska Bystrica	*
France		
SOFREM - Société française d'Électrométallurgie, S.A.	Le Giffre, Haute-Savoie	Gimel Metal brand, 15 000
Italy		
Salem - SpA Leghe e Metalli, (AMAX Inc. group, U.S.A.)	Spigni Monteferrato (Allesandria)	*
Japan		
Chuo Denki Kogyo Co.,	Taguchi, Niigata Prefecture	3 600
Toyo Soda Kogyo KK	Hyuga City and Yamagata City, Miyazaki Prefecture	6 000
South Africa		
Delta Manganese (Pty.) Ltd.	Nelspruit, Transvaal	34 000+
Emcor - Electrolytic Metal Corp. (Pty.) Ltd.	Krugersdorp, Transvaal	16 790
U.S.S.R.		
Dzhezkazganski mining-metallurgical combine	Dzhezdy, Kazakhstan	5 000 (all U.S.S.R. plants)
United States		
Cabot Corporation KBI Division	Henderson Co., Kentucky	aluminum-manganese master alloys
Chemetals Inc.	Kingwood, West Virginia	15 400
Elkem Metals Company	Marietta, Ohio	10 000
Foote Mineral Company Ferroalloys Division	New Johnsonville, Tennessee	11 000 - (temporarily closed 1983)
Globe Metallurgical Inc. (Moore McCormack Resources, Inc.)	Beverly, Ohio	metal and manganese-aluminum briquettes
Kerr-McGee Chemical Corporation	Hamilton, Mississippi	9 100 metal 4 500 manganese-aluminum briquettes

Sources: N. Connell, (ed.), "World Minor Metals Survey", p. 65-66; Diamond Shamrock Corporation, "1976 Annual Report", p. 18. V.W.A. Duke, "Manganese: A Mineral Commodity Review", South Africa, Department of Mines, Minerals Bureau Internal Report No. 53, p. 225 and 231; Roskill Information Services Ltd., "The Economics of Manganese" second edition 1978, p. 150-154; and S.A. Weiss, "Manganese: The Other Uses", p. 217-219.

* Capacities not known.

Table 14

Major Western World and Chinese Ferromanganese Production Plants: Estimated Capacity

Country	Company and Plant Location	High-Carbon Ferro-manganese	Medium-Carbon Ferromanganese	Low-Carbon Ferro-manganese	Silico-manganese	All Grades (n.e.s.)
Argentina	Electrometalúrgica Andina Saic, Chimbas, San Juan	10 000	-	-	2 000	
	Carbometal Saic, Mendoza Province	10 000	-	1 000	-	
	Industrias Siderúrgicas Grassi S.A., General San Martin, Malargüe; and El Nihuil and Blanco Encada, Mendoza	20 000	-	-	-	
Australia	Tasmanian Electro Metallurgical Co., Pty., Ltd.; Newcastle, Tasmania	60 000	-	-	35 000	
Belgium	Applications de la Chimie, de l'Électricité et des Métaux (SADACEM) - Division Sadaci, Ghent	150 000	30 000[1]	-	50 000	
Brazil	Alcan Alumínio do Brasil SA, Ouro Preto	10 000	-	-	15 000	
	CSN-Companhia Siderúrgica Nacional, Lafaiete, Minas Gerais	17 000	-	-	-	
	Companhia Paulista de Ferro-Ligas, Mato Grosso and Minas Gerais	-	44 000	-	17 000	
	Prometal - Produtos Metalúrgicos SA, Cumbica, Sao Paulo	-	9 000	600	9 600	
	Sibra - Electrosiderúrgica Brasiliera SA Bahia	90 000	8 000	-	35 000	
Canada	Timminco Limited Beauharnois, Que.	25 000	-	-	25 000	
	Elkem Metal Canada Inc. Beauharnois, Que.	65 000	-	-	25 000	
Chile	Carburo y Metalurgia SA, head office in Santiago	1 000	-	-	1 000	
	Manganesos Atacama SA, head office in Santiago	4 000	-	-	-	
China	Hunan Ferro Alloy Works, Changsha City, Hunan province	10-15 000	-	-	20-30 000	
	Jilin Ferro Alloy Works, Jilin province	-	15 000[1]	-	50 000	

	Jinzhou Ferro Alloy Works, Jinzhou, Liaoning province	-	5 000	-	20 000
	Shanghai Ferro Alloy Works, Shanghai	40 000	10 000	-	20 000
	Xinghu Iron and Steel Co., Jiangxi province	150 000		-	-
France	Bozel Électrométallurgie SA, Le Villard and Château Feuillet, Savoie	-	-	-	*
	Aciéries de Paris et d'Outreau, Boulogne-sur-mer	400 000	-	-	50 000
	Société Nouvelle des Aciéries de Pompey, Pompey	100 000	-	-	-
	SOFREM - Société Française d'Électrométallurgie S.A., Paris	-	-	50 000[1]	10 000
	Compagnie Universelle d'Acétylène et d'Électrométallurgie, Les Clavaux, Isère	30 000	-	-	10 000
West Germany	GfE - Gesellschaft für Electrometallurgie mbH, Laufenburg	-	-	35 000[1]	-
	Stahlwerke Peine-Salzgitter AG, Peine	10 000	-	-	-
	Hermann C. Starck, Laufenburg	-	-	*	-
	Thyssen AG, Duisburg	288 000 or 148 465	- plus	-	15 000
India	The Dandeli Ferro Alloys (Pvt.) Ltd., Dandeli, North Kanara	12 000	(or	3 000	+ 6 000)
	Elektrosmelt Ltd., Chandrapur, Maharashtra	50 000	-	-	-
	Ferro-Alloys Corporation Ltd., Shreeramnagar, Andra Pradesh	40 000	-	-	5 000
	Jeypore Sugar Co. Ltd., Rayagada, Orissa	24 000	-	-	-
	Khandelwal Ferro-Alloys, Ltd., Khandelwal, Nagpur, Maharashtra	40 000	-	-	-

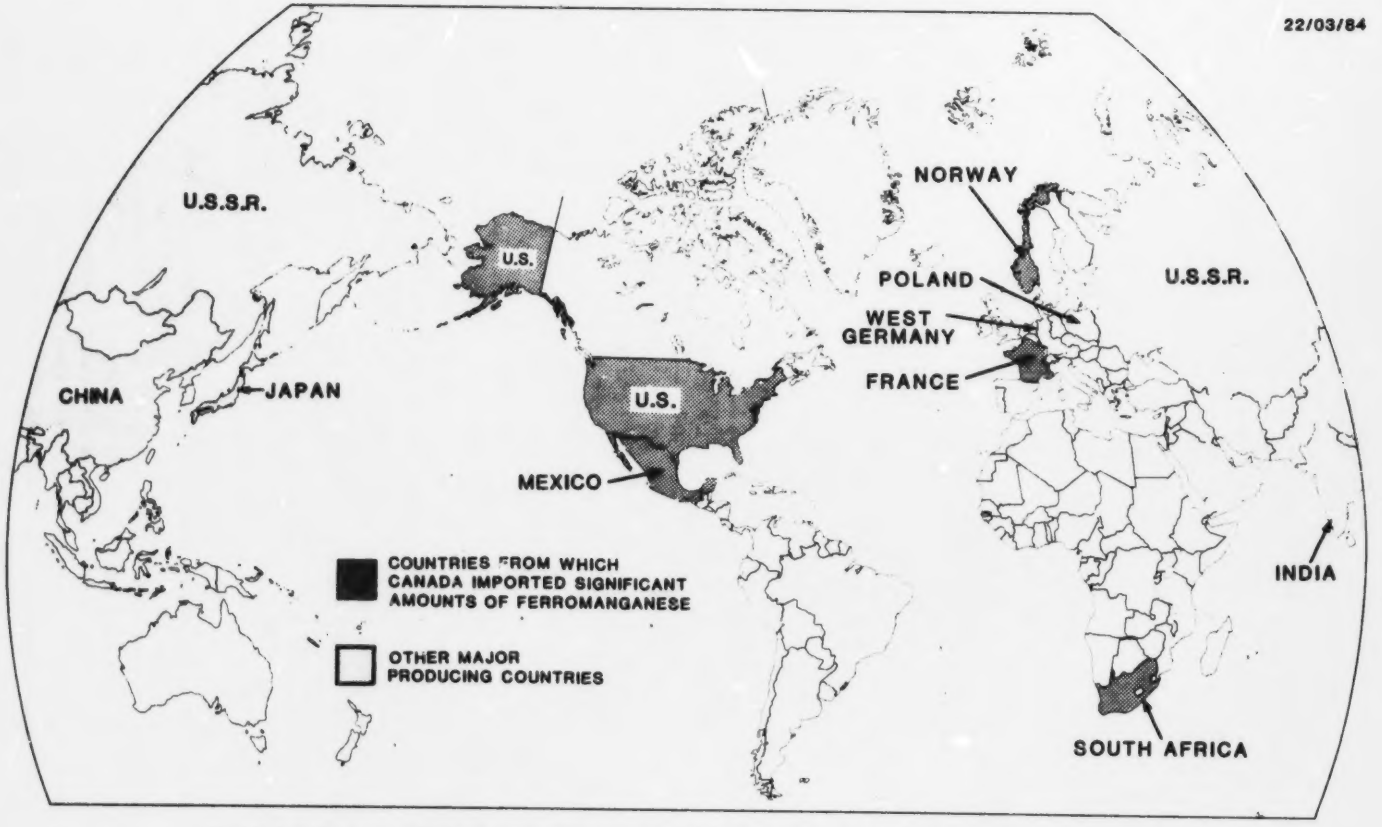
Country	Company and Plant Location	High-Carbon Ferro-manganese	Medium-Carbon Ferromanganese	Low-Carbon Ferro-manganese	Silico-manganese	All Grades (n.e.s.)
	The Tata Iron & Steel Co. Ltd., Joda, Orissa	30 000	-	-	-	
	Universal Ferro & Allied Chemicals Ltd., Maneck Nagar, Maharashtra	36 000	-	-	-	
	Visvesvaraya Iron & Steel Ltd., Mysore	3 000	-	-	2 000	
Italy	Carlo Tassara Stabilimenti Electro-siderurgici SpA, Breno, Brescia	5 000	15 000	-	4 000	
	Elettrosiderurgica Italiana SpA, Cairo Montenotte	60 000	-	-	-	
	Fucinati SpA, Sellero, Brescia	25 000	-	-	-	
	Italghisa SpA, Bagnolo Mella, Brescia	40 000	-	-	-	
	Italsider SpA, Lovere, Bergamo	-	-	5 000	-	
Japan	Chuo Denki Kogyo Co. Ltd., Kashima and Taguchi	85 000	20 300	-	57 100	
	Japan Metals & Chemicals Co. Ltd., Takaoka and Sakata	159 100	20 200	68 300	152 200	
	Kobe Steel Ltd., Korchi and Kakogawa	61 200	7 800	23 400	56 300	
	Minami Kyushu Kagaku Kogyo KK, Takanabe	-	16 900	-	28 500	
	Mizushima Ferro-Alloy Co., Ltd., Mizushima	142 800	-	-	68 000	
	Nippon Denko KK, Tokushima, Hidaka and Miyako	57 100	36 600	-	141 900	
	Nippon Kokan KK, Toyama and Niigata	102 100	15 300	-	123 800	
	Pacific Metals Co., Ltd., Hachinohe	37 400	-	-	28 500	
	Toyo Denka Kogyo KK, Kochi	-	-	-	11 800	
Mexico	Compania Minera Autlán S.A. de C.V., Tamos	100 000	or lower plus silicomanganese		21 000	
	Ferroalaciones de Mexico SA, Durango	20 000	-	-	-	

Norway	Elkem A/S, Oslo, Several plants	120 000	10 000	-	50 000
	Sauda Smelteverk A/S, Sauda	170 000	40 000	5 000	60 000
	Tinfos Jernverk A/S, Notodden and Kvinesdal	80 000	-	-	110 000
Peru	Electrometalurgica Nacional SA, Chimbote	3 600	-	-	-
Philippines	Ferro-Chemicals Inc., Mindanao	300	-	-	-
Portugal	Eurominas (Groupement Européen du Manganèse), Setubal	150 000	-	-	-
South Africa	Feralloys Ltd., Cato Ridge	80 000	-	-	-
	Metalloys Ltd. (SAMANCOR), Meyerton	393 000	-	-	52 000
	Transalloys (Pty) Ltd., Witbank	-	10 000	-	70 000 plus
Spain	Sociedad Espanola de Carburos Metalicos SA, Cee, La Coruna	40 000	-	-	20 000
	Sociedad Espanola de Fundiciones Electricas SA, Bilbao	20 000	-	-	-
	Ferroaleaciones y Electrometales SA, Boo, Santander	-	-	10 000	-
	Hidra Nitro Espanola SA, Monzon de Rio Cinca, Huesca	-	-	35 000[1]	45 000
	Siderurgica del Norte SA, Valmaseda, Viscaya	. small	-	-	-
Sweden	Airco Alloys AB, Vargön	-	-	-	16 000
Taiwan	Tung Chou Industrial Co. Ltd., Tao Yuan	7 200 HC+LC	*	*	3 000

Country	Company and Plant Location	High-Carbon Ferro-manganese	Medium-Carbon Ferromanganese	Low-Carbon Ferro-manganese	Silico-manganese	All Grades (n.e.s.)
United Kingdom	British Steel Corporation, Teesside	80 000	-	-	-	
	Murex Ltd., Rainham, Essex	-	-	300	-	
United States	Autlan Manganese Corporation, Mobile, Ala.	-	-	-	40 000	
	Chemetals Incorporated, Kingwood, W. Va.	-	25 000	-	-	
	Globe Metallurgical Inc. (Moore McCormack Resources, Inc.), Beverly, Ohio	-	-	-	-	
	Namco Inc. - North American Metallurgical Corp., Camden, N.J.	-	*	*	*	
	Ohio Ferro-Alloys Corp., Canton, Ohio	50 000	-	-	20 000	
	Roane Alloys Division, Samancor Metals & Minerals Ltd., Rockwood, Tenn.	144 000	11 000	-	35 000	
	Elkem Metals Company, Alloy, W. Va., Marietta, Ohio and Portland, Oregon	*	*	*	*	
	United States Steel Corporation, McKeesport, Pa.	150 000	-	-	-	
	SKW Alloys Inc., Calvert City, ky.	100 000	-	-	-	
Venezuela	Hornos Electricos de Venezuela, S.A., Estado, Bolivar	-	-	-	-	18 000
Yugoslavia	Dalmacija, Dugi Rat, Split	40 000	-	-	5 000	

Sources: J. Parry (Ed.), "Ferro Alloys Survey 1979", Metal Bulletin Ltd., London, 1979; "1983 Ferro Alloy Manual", The Tex Report Co. Ltd. Tokyo, Japan; South African Department of Mines, Minerals Bureau, "Manganese: A Mineral Commodity Review", Internal Report No. 53, 1979.

* Capacities not known; - Not applicable.
1 Low-carbon plus medium-carbon.



PRINCIPAL PRODUCERS OF FERROMANGANESE, 1982

Figure 5

Table 15

World Production of Ferromanganese[1], by Country[2], 1979-82

	1979	1980	1981P	1982e
	(thousand tonnes)			
Argentina	34	24	23	24[3]
Australia[4]	86	94	85e	84
Belgium	90	85	90	90
Brazil	133	141	108	121
Bulgaria[5]	28e	28e	34e	34
Canada[5]	41e	86e	109e	105
Chile	5	5	5	5
China[5]	340e	354e	376e	390
Czechoslovakia[5]	100e	100e	100e	100
East Germany[5]	80e	78e	78e	78
France	447	480	312	332
India	187	162	209	200
Italy	89	83	72	71
Japan	603	569	568	538[3]
Mexico	123	125	131	131
North Korea[5]	65e	70e	70e	70
Norway	337	287	225	225
Peru	1e	1e	1e	1
Poland[5]	179e	166e	166e	166
Portugal[6]	75e	74e	65e	64
South Africa	560e	520e	450e	440
South Korea	537	54	64	64
Spain	142	122	96	90
Thailand	2	-[8]	-[8]	-[8]
U.S.S.R.[9]	1 460e	1 460e	1 460e	1 460
United Kingdom	136	52	84	108[3]
United States	268	171	175	108[3]
Venezuela	1	2	2	2
West Germany[5]	263e	225e	233e	219
Yugoslavia	45	34	51	42
Zimbabwe	3e	3e	2e	1
Grand Total [10,11,12]	5 997	5 654	5 543	5 313

Source: R.E. Brown, "Ferroalloys" Preprint from the 1982 U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, p. 11-16.

[1] Table includes data available through June 15, 1983. [2] In addition to the countries listed, Romania is known to produce electric furnace ferroalloys, but output is not reported quantitatively and no basis is available for estimation. [3] Reported figure. [4] Data for year ending Nov. 30 of that stated. [5] Includes silicomanganese. [6] Estimated figures based on reported exports and an allowance for domestic use. [7] It appears likely that South Korea produced silicomanganese during 1979-82; during 1979, silicomanganese output presumably was included with ferromanganese. [8] Less than 450 t. [9] Soviet production of electric furnace ferroalloys is not reported; estimates provided are based on crude source material production and availability for consumption (including estimates) and upon reported ferroalloy trade, including data from trading partner countries. [10] Data may not add to total shown because of independent rounding. [11] Includes spiegeleisen for West Germany. [12] Includes silicomanganese output for Bulgaria, Canada, China, Czechoslovakia,, East Germany, Hungary, North Korea, Poland and West Germany (if any was produced).

P Preliminary; e Estimated.

Table 16

World Production of Silicomanganese[1], by Country[2], 1979-82

	1979	1980	1981P	1982[e]
	(thousand tonnes)			
Argentina	15	12	13	15[e]
Australia[4]	20	18	19[e]	18
Brazil	128	134	142	172
Chile[5]	-	-	-	-
France[6]	13	20	10	10
India	5	13	10	10
Italy	54	45	54	53
Japan	299	310	283	269[3]
Mexico	31	31	26	30
Norway	184	163	198	198
Portugal[7]	15[e]	17[e]	18[e]	17
South Africa	45[e]	70[e]	50[e]	40
Spain	119	94	70	87
U.S.S.R.[8]	30[e]	32[e]	32[e]	32
United States	150	171	157	63[3]
Venezuela	1	2	2	2
Yugoslavia	29	33	29	13
Grand Total[9,10,11]	1 139	1 165	1 113	1 035

Source: R.E. Brown, op. cit., p. 11-16.

[1] Table includes data available through June 15, 1983. [2] In addition to the countries listed, Romania is known to produce electric furnace ferroalloys, but output is not reported quantitatively and no basis is available for estimation. [3] Reported figure. [4] Data for year ending Nov. 30 of that stated. [5] Less than 450 t. [6] Includes silicospiegeleisen. [7] Estimated figures based on reported exports and an allowance for domestic use. Soviet production of electric furnace ferroalloys is not reported. [8] Estimates provided are based on crude source material production and availability for consumption (including estimates) and upon reported ferroalloy trade, including data from trading partner countries. [9] Data may not add to totals shown because of independent rounding. [10] Silicomanganese for Bulgaria, Canada, China, Czechoslovakia, East Germany, Hungary, North Korea, Poland and West Germany (if any was produced) included under ferromanganese. [11] Includes silicospiegeleisen for France.

P Preliminary; [e] Estimated.

Table 17

World Production of Spiegeleisen[1], by Country, 1979-82

	1979	1980	1981P	1982e
	(thousand tonnes)			
France	2	0	1	1
Italy	3	5	1	1
Poland	8	7	7	7
U.S.S.R.	50e	50e	50e	50
Grand Total[2]	63	63	59	59

Source: R.E. Brown, op. cit., p. 11-16.
[1] Table includes data available through June 15, 1983. [2] Rounded.
P Preliminary; e Estimated.

Greater output is now coming from the People's Republic of China, from India, and, in the case of silicomanganese, from Brazil.

The United States holds high-carbon and medium-carbon ferromanganese, silicomanganese and electrolytic manganese metal in its National Defense Stockpile (Appendix A-1). High-carbon ferromanganese is the only one of these materials for which there is now an established goal.

ii) Planned Additions to World Capacity

In recent years, world ferromanganese output has shown a declining trend. This is largely due to the world economic recession, but also, in part to technological changes such as external desulphurization, continuous casting and electric smelting of steel which have lessened the demand for ferromanganese in steel making.

Only a few new ferromanganese plants are under construction (Table 18). The likelihood of a plant being constructed in Gabon by the Société Gabonaise des Ferroalliages may well have been lessened by Gabon's investment in Aciéries de Paris et d'Outreau which has a plant at Boulogne-sur-mer, France, which uses Gabonese manganese ores in its manufacturing process.

Manganese Chemicals

World sources of synthetic manganese dioxide are listed in Table 19. Japan and the United States are the most important sources of these materials which they produce (entirely in the case of the United States and almost entirely in the case of Japan) from imported raw materials. Japanese companies also own subsidiaries in Greece and Ireland.

Table 18

Planned Additions to World Ferromanganese Production Capacity

Country and Company	Location	Comments
Brazil		
Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)	Carajás project	150 000 tpy ferromanganese plant using material from Igarapé Azul deposit. Shelved 1984.
Gabon		
Société Gabonaise des Ferroalliages	Haut-Ogooué	85 000 tpy ferromanganese, 50 000 tpy silicomanganese; has been discussed, - must await completion of railroad to COMILOG's mine at Moanda and construction of Poubara II dam and hydroelectric plant.
India		
Manganese Ore (India) Ltd. (MOIL)	Balaghat	60 000 tpy ferromanganese plus 1 000 tpy manganese metal project.

Source: C. R. Tinsley, "Manganese: Bleak Steel Markets: Better Ore Prices", Engineering and Mineral Journal, Vol. 185, No. 3, March 1984, p. 57-58.

Table 19

Principal World Sources of Battery-Grade Manganese Materials

Producer	Capacity (tonnes)	Remarks
A. Natural Battery-Grade Ore		
Gabon		
Compagnie Minière de l'Ogooué (COMILOG), Moanda mine	150 000+	83-84% MnO_2.
Ghana		
Ghana National Manganese Corporation, Nsuta mine	15 000	78 per cent MnO_2. In 1980, reserves of battery-grade ore were reported to only be sufficient for three more years' output.
Greece		
Eleusis Bauxite Mines Mining, Industrial & Shipping, Inc., Drama	10 000 (30-40% MnO_2 ore)	Ore upgraded to 75 per cent MnO_2. Ore output could be increased to 30 000 tpy.
Mexico		
Compania Minera Autlán S.A. de C.V., Cerro Prieto deposit, Nonoalco, Hidalgo	30 000	Probably 72-76 per cent MnO_2.
Cia. Minera Buenaviata, S.A., Nonoalco and Molango areas	*	
Cia. Minera San Martin y Anexas S.A., Nonoalco	4 000	76 per cent MnO_2.
B. Synthetic Manganese Dioxide		
Belgium		
SEDEMA - Société Européene des Dérivés du Manganèse, Tertre	18 000	CMD facilities are available to double capacity.
Brazil		
Cia Nacional de Grafita, S.A. (Union Carbide Corporation group, U.S.A.)	2 500	All used in Brazil.

Table 19 (cont'd)

Producer	Capacity (tonnes)	Remarks
China		
State corporation	3 000	EMD.
Eire		
Mitsui Denman (Ireland) Ltd., Little Island, Co. Cork	12 000	EMD.
France		
Lea Pilea Wonder, S.A. Saint Ouen	4 000	Activated or hydrated manganese dioxide.
Greece		
Tekkosha Hellas, Thessaloniki, (Toyo Soda Manufacturing Co. Ltd. and Mitsubishi Corporation, of Japan joint venture)	12 000	EMD.
India		
Union Carbide India Ltd., Thana	3 500	Two other units are licensed for a capacity of 7 500 tpy.
Japan		
Dai-ichi Carbon Co. Ltd., Yokohama	4 000	EMD.
Mitsui Mining & Smelting Co. Ltd., Takehara	25 000	EMD.
Toyo Soda Manufacturing Co. Ltd., Yamagata City and Hyuga	24 000	EMD.
Mexico		
Compania Minera de Autlán S.A. de C.V., Nonoalco		EMD plant under consideration September 1983.
South Africa		
Emcor - Electrolytic Metal Corp. (Pty.) Ltd., Krugersdorp	*	Small capacity.

Table 19 (cont'd)

Producer	Capacity (tonnes)	Remarks
Spain		
CEGASA - Celaya Emparanza y Galdos SA, Vitoria	3 500	EMD.
United States		
Chemetals Incorporated, (SEDEMA S.A. group, Belgium), Baltimore, Maryland	6 000	CMD.
ESB Materials Co., (RAYOVAC Corp.), Covington, Tennessee	6 200	EMD.
Foote Mineral Company, New Johnsonville, Tennessee	pilot plant	Aims for 5 600 tpy capacity.
Kerr-McGee Chemical Corporation, Henderson, Nevada	12 000	EMD. Possible expansion to 20 000-24 000 tpy, through construction of new plant at Hamilton, Mississippi.
Union Carbide Corporation, Marietta, Ohio	5 000	EMD.
West Germany		
Hoechst AG., Werk Knapsack, Huerth/Köln	6 000	EMD.

Sources: E. Dickson, "Manganese - Non-Metallic Market Developments", Industrial Minerals, No. 155, August 1980, p. 21-29; F.R. Dykstra, "A New Source of Manganese Chemicals", Industrial Minerals, No. 192, September 1983, p. 23; T.S. Jones, "Manganese", Preprint from 1981 U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook", 12 p.
CMD = Chemical manganese dioxide; EMD = Electrolytic manganese dioxide.
* Not available.

Potassium permanganate is made in a relatively small number of countries, notably the United States (Carus Chemical Co. of Lasalle, Illinois), Spain, and the People's Republic of China.

Summary of Part IV

World output of manganese ores and concentrates used to make ferroalloys is centred in a relatively small number of countries, notably the U.S.S.R., South Africa, China and Gabon. Most natural battery-grade ores used in the manufacture of dry-cell batteries come from Gabon and Mexico. Manganese ores and concentrates are currently in oversupply and most plans for additions to production capacity appear to have been shelved.

About 40 per cent of world production capacity of manganese metal is located in South Africa, where the metal is made from local ores. Other important metal producers, France, Japan and the United States, are dependent on imports for their manganese raw materials.

The major part of world production capacity of ferromanganese is located in the U.S.S.R., Japan, South Africa, western Europe and the United States. There is excess production capacity for ferromanganese, particularly in the United States and western Europe. Recent years have witnessed a marked decrease in the United States contribution to world ferromanganese output and an increase in that of China.

Production facilities of manganese chemicals are centered in the United States and Japan.

Of the various imported manganese materials, ores and concentrates are the most critical to the Canadian economy because of their use in the Canadian manufacture of ferromanganese for the steel industry. Supply interruptions are considered likely to occur, particularly in Africa; such interruptions are expected to last weeks or months rather than years.

PART V. ALTERNATIVE SOURCES OF SUPPLY

Manganese Ores and Concentrates

i) From Possible Canadian Production

About 400 geologically significant manganese occurrences are known in Canada. Few of them have been studied systematically or in sufficient detail for assessment of their extent and economic potential.[1]

Those best known are mostly of low grade and poor quality. In principle, they could provide raw material for the production of all of the kinds of manganese products consumed in Canada, except natural battery-grade ores, but none of the technologies so far developed for the recovery of manganese from Canadian deposits has proved to be commercially attractive.

Manganese-bearing primary iron formation, which commonly contains from 10 to 40 per cent manganese, consists of fine-grained complex manganese and iron oxide and carbonate mineral assemblages. It represents the original material from which the large higher-grade deposits - the sources of much of the world's current supply of manganese ore - were derived through secondary enrichment.

Iron formation is difficult to beneficiate but has been used in some countries as a local source of manganese. In Canada, pelletized and sintered iron ores from certain primary iron formation commonly contain from 10 to 40 per cent manganese as well as iron. Ores mined at Wawa, Ontario, in 1983 had a manganese content of 2.39 per cent and those from Wabush Mines, Labrador, contained 2.0 per cent manganese. This manganese is not recovered in blast furnaces; in fact, a penalty is assessed against it when contracts are made for the purchase of iron ore.

a) **Woodstock, New Brunswick.** Considerable attention has been given to the possibility of recovering manganese products from iron-formation deposits at Jacksonville, some 6 km northwest of Woodstock, New Brunswick. Six deposits[2,3], the Iron Ore Hill, Moody Hill, North Hartford, Plymouth, Sharpe Farm and South Hartford, contain an estimated 175 000 000 t averaging 13 per cent iron and 9 per cent manganese, with Fe:Mn ratios ranging from 1.5 to 1.0 to 0.8 to 1.0.

A manganese-bearing unit in which the principal mineral is braunite, a manganese silicate, has an estimated 22 per cent Fe and 14-16 per cent Mn content. Silicified slate, called "grey ore", in which the principal mineral is manganese carbonate (rhodochrosite), contains an average 16 per cent Fe and 12-14 per cent Mn.

The Plymouth property is reported to contain 46 462 000 t averaging 13.3 per cent Fe and 10.9 per cent Mn, to a vertical depth of 80 m at the northern end and of 152 m at the southern end of the deposit.[4]

Between 1848 and 1884 some 64 000 t of manganiferous iron ore and bog iron ore were smelted in a blast furnace near Woodstock. Most of the Woodstock feed came from the Iron Ore Hill deposit, the rest from the Moody Hill deposit.

In the mid-1950s, experimental work was carried out on the possible use of electric smelting techniques for recovering silicomanganese and ferromanganese from Woodstock materials.[5] Other metallurgical work suggested that a sink-float method could be used to upgrade a combination of red slates and manganese-bearing hematite ("red ore") to 40 per cent (manganese and iron combined) concentrates[6], for use as feed, with a 70 per cent recovery of the manganese in the concentration process. Beneficiation tests on the "grey ore" were not successful.

A small sink-float plant was built at mine site. A prototype electric furnace with a rated capacity of 45 tpd of ore, for a daily output of 6 t of ferromanganese and 6 t of ingot iron[7], was put into operation at Niagara Falls, Ontario, in December 1956, which used some 4 080 t of upgraded ore sent from Woodstock for treatment.

In addition to iron, the prototype plant process was designed to produce ferromanganese-silicon (containing 18 per cent Si, 70 per cent Mn and 1.5 per cent C), medium-carbon ferromanganese (containing 80 per cent Mn, 1 per cent Si and 1.5 per cent to 2.0 per cent C), or high-carbon ferromanganese.[8]

In 1957, the last year of ore production from the Woodstock property, 2 800 t of ore were mined and milled to produce 1 053 t of concentrate with a combined iron and manganese content of 40 per cent; 789 t of concentrate were shipped to Niagara Falls.[9]

The purpose of the Niagara Falls plant was to check the process on a semi-commercial scale and to obtain data in order to construct an electric smelter in New Brunswick with an initial capacity of 64 000 tpy of ferromanganese and 54 000 tpy of iron.[10] Such a plant was never built.

It would now take one to two years to construct a manganese concentrate plant at Woodstock, New Brunswick, capable of supplying all of Canada's current requirements for feed for ferromanganese and silicomanganese production, but such feed would be at least twice as expensive as imported ores.

Since the 1950s, other technologies have been suggested for recovering the manganese content of the Woodstock iron-manganese deposits:

- in the form of manganese dioxide (together with metallic zinc), by roasting manganese shales together with zinc- and copper-bearing pyrite tailings from a mine elsewhere in New Brunswick (Mandate Refining Company, and Research and Productivity Council of New Brunswick)[11], water purification by solvent extraction leaching, and electrolysis of the resultant manganese sulphate and zinc sulphate to produce manganese dioxide and zinc metal.[12] In 1969, Union Carbide (Canada) Ltd. was granted the patents on this method of simultaneous electrowinning.

- as ferromanganese or spiegeleisen, by reduction with reducing carbon and fuel carbon in a cupola furnace[13], and

- as manganese carbide, by calcining, sulphatization, conversion to hydroxide and solid-state carburization.[14]

Estimates have been made of the capital and operating costs of a modified sulphatization - lime neutralization process for the production of manganese metal or manganese dioxide[15]. It should be emphasized, however, that the flowsheet in question is only a theoretical one which has not, as yet, been tested.

Potentially the most economic possibility for producing manganese sulphate as a feedstock for manganese dioxide and ferromanganese production is the reduction leach method. This process has yet to be applied to Canadian manganese raw materials.

b) **Nastapoka Islands, N.W.T.** Manganese-bearing iron formation is found on the Nastapoka Islands[16]. Reconnaissance work has indicated one lens up to 1 m thick averaging 27.6 per cent Mn and 12.7 per cent Fe over a length of 750 m on Bélanger Island. Chandler[17] reported a unit 60 cm thick, composed largely of rhodochrosite, at the base of a 7 m thick iron formation on the same island. A single sample contained 32.7 per cent Mn and 4.1 per cent Fe.

The iron formation, much of which contains 0.5-5 per cent Mn and 20-40 per cent Fe, is up to 80 m thick. It occurs on many of the islands with little cover rock over a total strike length of several tens of km and may thus constitute a large low-grade manganese "resource".

Certain parts of Canadian iron ore deposits that were formed by secondary enrichment processes, such as those at Steep Rock, Ontario, and in the Knob Lake-Schefferville areas of Quebec and Labrador, contain up to 12 per cent manganese, in some instances.

Experimental work on the possible production of spiegeleisen from Steep Rock, Knob Lake and Madoc, Ontario, using electrical smelting techniques, was carried out in the 1950s[18]. A way for the recovery of manganese carbide from 4.6 per cent manganese-bearing material from Steep

Rock by a combination of leaching and solid state carburization was reported on in 1980[19].

c) **Avalon Peninsula, Newfoundland.** Manganese-bearing carbonate, slate and shale beds are found at sixteen localities along the shores of Trinity and Conception Bays in eastern Newfoundland.[20] Beds at or near the surface contain manganese oxides, but unweathered material occurs chiefly as manganese carbonates. Variations in thickness and manganese content are evident from the limited investigations that have been carried out, which have been inadequate to provide reliable estimates of the quantity or quality of material available.

Shallow manganese-bearing beds with an average thickness of 3 m in the Manuels and Kelligrews area in the southeast part of Conception Bay may contain 10 000 000 t averaging about 9 per cent Mn and 5 per cent Fe. These could be mined by open pit.

A few tens of thousands of t of material are present above sea-level in a deposit at Brigus South Point on the west side of Conception Bay. The manganese zone, reported to be 4.5 m thick, includes a bed of 0.5 m with up to 33 per cent Mn and 3.8 per cent Fe, but the continuity of this grade has not been demonstrated. The deposit may continue beneath Conception Bay.

A very large laboratory-scale experiment on low-grade siliceous manganese-oxide ore from Brigus Bay showed that silicomanganese could be produced from this material in a single-stage smelting process[21].

d) **New Ross, Nova Scotia.** About 1 800 t of manganese ore have been produced from veins in northeastern Lunenburg County, Nova Scotia[22]. The veins vary in width from a few cm to about 2 m with the manganese occurring chiefly as oxides in the upper weathered part of the fracture zone. The material in the fracture zone yields poor cores and presents difficult mining conditions. There has been little deep drilling to provide information on possible continuity of the manganese-rich zone, but geophysical work suggests the favourable fracture zone may have widths of about 40 m.

e) **Southern New Brunswick and Cape Breton Island, Nova Scotia.** More than 60 manganese occurrences are known near the contact of Windsor limestone with Horton sandstone in southern New Brunswick, and south of Minas Basin, and on the southern part of Cape Breton Island in Nova Scotia. Some of these have produced from a few t to about 20 000 t of manganese ore, chiefly as oxide material. It is conceivable that additional small high-grade manganese oxide deposits might be found in these areas that could, if needed, provide small amounts of manganese.

Table 20

Canada, Slags at Steel Works[1,2] and their Manganese Oxide Contents

Name of producer and plant location	Accumulated tonnage of slags (tonnes)	Current output[2] (tonnes/yr)	MnO content (per cent)	MnO content of output (tonnes)	Current use or disposal practice
The Algoma Steel Corporation, Limited Sault Ste. Marie, Basic Oxygen Furnace		576 000	9.7	56 000	Mostly for landfill.
Lake Ontario Steel Company Limited, Whitby, Ontario, Electric-Arc Furnace		403 000	6.0	24 000	Roads and landfill.
Stelco Inc., Hamilton, Ontario, Basic Oxygen Furnace		100 000	6-10	6 000-10 000	Landfill.
Stelco Inc., Hamilton, Open Hearth Furnace		270 000	8-14	21 000-38 000	Asphalt aggregate and Ontario, landfill.
Sydney Steel Corporation, Sydney, Nova Scotia, Open Hearth Furnace	2 722 000	127 000	5-10	6 000-13 000 (plus 136 000-272 000 accumulated)	Waste disposal site.

Source: R.K. Collings and S.S.B. Wang, "Mineral Waste Resources of Canada Report No. 7 - Ferrous Metallurgical Wastes," p. 12, 17, 19, 22, 23 and 24.

1 Elkem Metal Canada Inc. is understood to have 100 000 t of 25-35 per cent MnO slag at its plant at Beauharnois, Quebec. 2 Exclusive of recycled material.

f) **Slags at Canadian Steel Plants.** Manganese-bearing slags are often thought of as potential sources of manganese products. Table 20 lists the major outputs of manganese-bearing slag after deduction of the tonnages being recycled.

Several of the primary steelmakers recycle part of their slag from Open Hearth or Basic Oxygen furnaces to the blast furnaces where most of the manganese is recovered. However, very few of the electric furnace steelmakers re-use slag and then only in small quantities. Their slags are reported to contain 2 to 10 per cent manganese oxide.

Certain of the techniques designed to recover manganese from low-grade ores can be used also to recover it from slags[23,24,25,26].

g) **Possible Stockpile.** A stockpile of manganese ores and concentrates would offer yet another alternative source of supply. The cost of acquiring a stockpile of a size equivalent to six months' imports is estimated to be $9 million.

ii) **From Current and Prospective Foreign Sources**

Assuming that shipping capacity could be reassigned, rail cars reallocated and customers' expectations as to grades slightly lowered, an examination of world manganese ore exports for 1982 and theoretical production capacities suggests that:

- complete cessation of exports from Gabon (1 200 000 tpy[27]; 100 000 t of which are battery-grade) could be offset, in the case of ferroalloy grades, by increased exports from South Africa alone, from South Africa and other countries, or from a combination of other producing countries such as Australia and Brazil.
- complete cessation of exports of alloy-grade ores from South Africa (2 100 000 tpy) could be offset by close to capacity exports from Brazil, Australia, Gabon and Mexico.
- simultaneous halts to manganese ore exports from Gabon and South Africa would, after making allowance for increased exports from other western world producers, result in a shortfall of some 20 per cent in world exports. Battery-grade production could be expanded in Brazil, Ghana, Greece and Mexico, but it is doubtful whether these countries could, at least at first, provide more than an additional 50 000 tpy of this material.

In recent years, Canada's requirements for manganese ores and concentrates have come mostly from Gabon (over 50 per cent, mostly for ferroalloy, some for battery use), South Africa, (almost 25 per cent), and Brazil (almost 20 per cent). The small remainder has arrived from various countries via the United States.

The Igarapé Azul deposit, located in a different part of Brazil from existing producers, is expected to become a major source of supply once the railroad from Carajás to the sea is completed.

There are several producer countries from which Canada now imports little, if any, manganese ore. Mexico, linked to Canada by land transport routes, is an increasingly important producer of manganese ores and concentrates, including battery-grade ores. Australia, a major world source, is another potential source of supply for Canada.

Manganese Metal

i) From Prospective Canadian Production

No manganese metal is produced in Canada. A CANMET report, based on a conceptual flowsheet which has yet to be tested, provides estimates of the costs of processing domestic low-grade materials such as those at Woodstock, New Brunswick, to manganese metal[28]; the report suggests that it might be possible to produce manganese metal from Woodstock material at costs below those of imported metal. If need be, metal could be produced in eighteen months; commercial-scale metal production would, however, require at least three years.

ii) From Current and Prospective Foreign Sources

Relatively few countries produce manganese metal. France, Italy, Japan and the United States, which produce it, are dependent upon foreign countries for their supplies of raw manganese materials. Canada now obtains most of its manganese metal from South Africa, with smaller amounts coming from the People's Republic of China, the United States, and France. It could seek greater supplies from some of its existing suppliers or look to other countries, such as Brazil and Japan, for metal supplies.

Ferromanganese

i) From Possible Canadian Raw Materials

If the imported supply of manganese ores, concentrates or high-carbon ferromanganese or silicomanganese were to be interrupted for whatever reason, it would be possible (if economics were neglected) to produce a manganese concentrate from domestic sources using existing beneficiation technology. Testwork carried out at CANMET in the 1940s and 1950s[29,30,31,32,33] indicated that gravity beneficiation techniques employing jigs and heavy media separation could produce 42 to 52 per cent Mn concentrates from ores containing 10 to 30 per cent Mn. Concentrates of such grades should be convertible to ferromanganese in existing ferromanganese production facilities. In some cases flotation techniques could also be employed to produce concentrates of acceptable grade.

a) High-carbon Ferromanganese. High-carbon ferromanganese is produced in Canada by Elkem Metal Canada Inc. and Timminco Limited using imported manganese ore.

As mentioned earlier, Canada's current requirements for feed for ferromanganese and silicomanganese production could be produced at a manganese concentrate plant at Woodstock, New Brunswick, which would take one to two years to construct, but such feed would be at least twice as expensive as imported ores.

b) **Medium-carbon Ferromanganese.** No medium-carbon ferromanganese is produced in Canada for economic and environmental (pollution-control) reasons. Medium-carbon ferromanganese could, however, be produced at a competitive price in existing Canadian high-carbon ferromanganese production units, after the installation of suitable process equipment and pollution abatement facilities. Some three to five months would be required for the conversion.

c) **Low-carbon Ferromanganese.** For economic reasons, low-carbon ferromanganese is not produced in Canada; it could be if a special facility were constructed to make it from silicomanganese already made by Elkem Metal Canada Inc. and Timminco Limited. Construction of such a facility would take at least eight to twelve months.

d) **Silicomanganese.** Silicomanganese is currently produced at Beauharnois, Quebec, by Elkem Metal Canada Inc. and Timminco Limited from imported ore and manganese-rich slag from high-carbon ferromanganese production.

As in the case of high-carbon ferromanganese, raw material from Woodstock, New Brunswick, could provide feed for silicomanganese production in one to two years.

A laboratory-scale experiment indicated the possibility of producing silicomanganese from material from Brigus Bay, Newfoundland[34]. The extent and quality of the deposits in that region are not fully known.

e) Possible Stockpile. A stockpile of low-carbon, and medium-carbon ferromanganese would offer yet another alternative source of supply. The cost of acquiring a stockpile of a size equivalent to six months' imports of low-carbon and medium-carbon ferromanganese in recent years is estimated to be $6 million.

ii) From Current and Prospective Foreign Sources

Canada is dependent upon the United States, South Africa, Norway, Mexico and France for supplies of medium- and low-carbon ferromanganese.

Other possible sources of supply of medium-carbon ferromanganese are Brazil and Japan. Of low-carbon ferromanganese, Japan, Spain and West Germany could be alternative suppliers.

Manganese Chemicals

From Possible Canadian Production

Canada is an importer of manganese chemicals, most of its imports coming from the United States. The costs of producing electrolytic manganese dioxide from low-grade Canadian materials, such as those at Woodstock, New Brunswick, are discussed in a CANMET report[35].

This report suggests, on the basis only of a conceptual flowsheet, that, it might be possible to produce synthetic manganese dioxide below the cost of imported material. Commercial output would require at least three years. However, on a crash basis, this product might be produced in eighteen months.

Summary of Part V

Canadian users of manganese products are by no means limited to their current sources of supply. For every manganese product, there are alternative, existing and potential sources.

Manganese ores and concentrates could be imported into Canada from non-traditional suppliers such as Australia or Mexico. Technology exists for the production of manganese concentrates from deposits at Woodstock, New Brunswick. However, a concentrator would take one to two years to construct and the concentrates produced would cost at least twice as much as currently imported ores and concentrates.

For a greater share of its imports of manganese metal Canada could look to the United States, France and Japan, although those countries are dependent on imports for the manganese ores that they use to make manganese metal. An alternative would be to produce manganese metal in eastern Canada. A commercial-scale plant would take some three years to construct, but metal might be producible at competitive cost.

High-carbon ferromanganese could be produced from manganese concentrates produced at Woodstock, but this concentrate would cost at least twice as much as imports, and the process would take one to two years to get started.

Medium-carbon ferromanganese could be sought from Brazil or Japan; it could also be produced in a Canadian facility that would require three to five months to construct.

Low-carbon ferromanganese could be obtained from Japan, France and West Germany as alternative suppliers (produced from ores that they import). Construction of a Canadian plant to make this material from domestically-produced high-carbon ferromanganese would take from eight to twelve months.

Establishment of a domestic plant to produce synthetic manganese dioxide from raw materials from Woodstock, New Brunswick, offers an alternative to imports. A commercial-scale operation, which could also lead to output of manganese metal, would take three years to bring into production, and might be able to produce at costs lower than imports.

References

1 A.G. Johnston and W.D. McCartney, "Manganese Occurrences in Canada", Geological Survey of Canada Paper 64-37, 1965, 63p.

2 F.D. Anderson, "Woodstock, Millville, and Coldstream Map-areas, Carleton and York Counties, New Brunswick", Geological Survey of Canada, Memoir 353, 1968, 69 p.

3 K.D.J. Sidwell, "The Woodstock, N.B., Iron-Manganese Deposits", Transactions of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 60, 1957, p. 231-236.

4 K.D.J. Sidwell, op. cit., p. 414.

5 R.A. Campbell, G.E. Viens and R.R. Rogers, "Experimental Electric Smelting of Manganese Ores", Canadian Mining and Metallurgical Transactions, Vol. LIX, April 1956, p. 174-180.

6 C. Monture, "Woodstock Manganese Ores: Occurrences and Treatment", Canadian Mining Journal, April 1957, p. 119.

7 New Brunswick, Department of Lands and Mines, Annual Report for the Year Ended 31st March, 1957, p. 100.

8 C. Monture, ibid.

9 New Brunswick, Department of Lands and Mines, Annual Report, 1958, p. 102.

10 R.J. Jones, "Manganese", in "The Canadian Mineral Industry 1957", Department of Mines and Technical Surveys, Mineral Report 2, p.143.

11 Private communication to G.M. Ritcey, CANMET.

12 G.M. Ritcey and B.H. Lucas, "Purification of Manganese Solutions Containing Copper and Zinc by Liquid-Liquid Extraction Using Di-(2-ethylhexyl) Phosphoric Acid", Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 10, No. 3, 1971, p. 223-228.

13 J.E. Rehder, "Spiegel or Ferromanganese from a Cupola", Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 19, No. 4, Oct. - Dec., 1981 p. 419.

14 H.G. Brandstatter and I.J. Itzkovitch, "A New Approach for Making Ferroalloys", Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 19, No. 4, Oct. - Dec., 1981 p. 409-418.

15 J. Palmer, "Possibilities for the Exploitation of Domestic Manganese Resources", CANMET Report, MRP/OTT 83-03, 1983, 58 p.

16 R. Bell, "Report on an Exploration of the East Coast of Hudson's Bay", in Geological Survey of Canada, Report of Progress for 1877-78, 1879, p. 1c-37c.
17 F.W. Chandler, "The Structure of the Richmond Gulf Graben and the Geological Environments of Lead-Zinc Mineralization and of Iron-manganese Formation in the Nastapoka Group, Richmond Gulf area, New Quebec-Northwest Territories", in Current Research, Part A, Geological Survey of Canada, Paper 82-1A, 1982, p. 1-10.
18 R.A. Campbell, G.E. Viens and R.R. Rogers, op. cit.
19 H.G. Brandstatter and I.J. Itzkovitch, op. cit., p. 411-417.
20 W.D. McCartney, "Whitbourne Map Area, Newfoundland", Geological Survey of Canada, Memoir 341, 1967, p. 103-115.
21 R.A. Campbell, G.E. Viens and R.R. Rogers, op. cit., p. 278-280.
22 L.J. Weeks, "Manganese, New Ross", Nova Scotia, Department of Mines, Annual Report on Mines, 1945, p. 135-166.
23 R.C. Buehl, M.B. Royer, and J.P. Morris, "The Recovery of Manganese from Open-Hearth Slags and Low-Grade Ores by Smelting and Selective Oxidation", U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations, 6596, 1965, 33p.
24 J.E. Rehder, op. cit.
25 H.G. Brandstatter and I.J. Itzkovitch, op. cit.
26 J. Palmer, op. cit.
27 T.D. Ellison, "Manganese", Mining Annual Review, 1983, p. 69.
28 J. Palmer, op. cit.
29 "Preliminary Test on a Manganese Ore From Salmon River, Guysborough County, submitted by J.E. Dawe, Mulgrave, Nova Scotia", Mines Branch Report, Mineral Dressing and Process Metallurgy Division, Test Report No. 674-DD, Sept. 21, 1954, 7 p.
30 "The Concentration of Manganese Ore from Grindstone Island, Magdalen Islands, Quebec"; Mines Branch Report, Ore Dressing and Metallurgical Laboratories Investigation, 987, April 8, 1941, 17 p.
31 "Gravity and Flotation Concentration of Manganese Ores from the Sussex Manganese Company Limited, Sussex, N.B.", Mines Branch Report, Ore Dressing and Metallurgical Laboratories Investigation, 1091, Sept. 12, 1941, 14 p.
32 "Gravity Concentration of Manganese Ore from E.W. Haddock, Williams Lake, B.C.", Mines Branch Report, Ore Dressing and Metallurgical Laboratories Investigation, 1136, December 26, 1941, 7 p.
33 "Sink-and-Float Tests on a Sample of Manganese Ore from Brigus, Newfoundland", Mines Branch Report, Ore Dressing and Metallurgical Laboratories Investigation, 1511, October 7, 1943, 7 p.
34 R.A. Campbell, G.E. Viens and R.R. Rogers, op. cit., p. 278-280.
35 J. Palmer, op. cit.

PART VI. SUBSTITUTE MATERIALS AND CONSERVATION MEASURES

Manganese Ores and Concentrates

The relatively low cost of manganese has discouraged a serious search for alternatives. Other elements might perform some of the functions of manganese but extensive research would be needed to develop new types of steel, and product costs would initially be much higher.

There are currently no practical substitutes for manganese in the production of steel. Silicomanganese can be made also from high-grade manganese-bearing slags.

The use of low-grade manganese-bearing slags for the production of ferromanganese has yet to be tried out in Canada. Expected high costs per unit of manganese recovered and the need to remove contaminants such as phosporus are major impediments to the use of such slags.

Dry-cell batteries require either natural battery-grade ore or synthetic manganese dioxide, which is itself made from manganese ores and concentrates.

Manganese Metal

There are no substitutes for pure metal manganese as late additions to melts of low-carbon stainless steel and other high-alloy steels. It is safe to assume that steelmakers have already exploited any cost-saving opportunities for replacing manganese metal with low-carbon ferromanganese.

The aluminum industry might use, instead of pure manganese metal, a master-alloy or briquettes of mixed aluminum and manganese powders, but these in turn are made from pure manganese metal.

Manganese dioxide might replace the metal in certain aluminum industry applications.

Ferromanganese

All steels and cast irons contain manganese which is added mainly as ferromanganese containing various amounts of carbon. The use of low-carbon ferromanganese is required in cases where there is a need to minimize carbon additions for technical reasons. In other uses, where high-carbon ferromanganese is satisfactory, it would be possible to use low-carbon varieties, but these are more expensive.

No single other element could replace manganese in all of its functions. In some specific applications, the following are some possibilities for substitution in specific applications: -

a) For deoxidation: In steel refining, manganese is added in the early stages of deoxidation because of its mild action. Silicon, which is somewhat more reactive, is added soon afterwards. Aluminum, which has by far the strongest oxygen-scavenging effect, is added at the final stage, with the aim of achieving the lowest possible oxygen content. If manganese were not available, silicon (as ferrosilicon) might be used alone in the earlier stages of refining. Refining procedures would require adaptation to maintain control and ensure product quality. Aluminum could not be used as a substitute for manganese.

b) For sulphide modification: Manganese is added to steel melts to combine with sulphur and minimize sulphur's otherwise harmful effects in rolled steel. Crude steels produced in traditional steel plants have contained as much as .05 per cent sulphur, a level at which only manganese can perform a satisfactory sulphur-modifying role. Modern refining processes permit the production of crude steels with a .01 per cent sulphur content, at which level it is already common practice to use other elements such as calcium, rare earth metals, titanium or zirconium for sulphide-modification. Such substitutes can, however, only be used in steelmaking plants that have the necessary technology to achieve such low sulphur content. Moreover, the amount of manganese replaced in these cases is small.

c) As an alloying element largely for improving hardenability: No element has the same combination of properties as manganese in promoting pearlite formation, suppressing grain-boundary cementite and improving hardenability. The elimination or even the reduction of manganese use in alloys would necessitate extensive research to develop completely new types of steel of both low- and high-alloy contents. Elements such as chromium, nickel, molybdenum and vanadium might be employed to suit various needs but in the current state of knowledge this would involve greatly increased cost. Furthermore, chromium and vanadium are also imported from South Africa into Canada and might be in short supply as well in the event of manganese supply interruptions.

In summary, in the event of a supply shortage of ferromanganese, little relief could be expected from substitution possibilities.

The need for ferromanganese could be reduced by more recycling of slag and by the introduction of new technology that would require less ferromanganese to produce a tonne of steel. Certain recently-developed steelmaking processes oxidize manganese less strongly and losses of manganese to the slag are smaller, but the manganese saved is not substantial.

Although modern refining processes require less manganese to combine with the residual sulphur, the difference is small.

"Secondary" manganese is already being recovered at integrated steelmaking plants by charging certain slags from steelmaking operations back to the blast furnace. At arc-furnace operations, however, very little of the slag produced is being re-used, because furnaces of this type cannot accept the high circulating load of slag-making materials. The low manganese oxide contents of these slags do not warrant shipping them to blast furnaces. In addition, with some slags there is a danger of recirculating phosphorus to the blast-furnace iron.

The recirculation of manganese in scrap iron and steel is believed to fill only a small part of requirements for manganese because of losses by oxidation in the BOF or during melting and decarburization in the electric ore furnace.

Other Manganese-Bearing Alloys

Nickel-aluminum bronzes containing about 1.5 per cent manganese are being used in some marine applications in place of manganese bronze with 4 per cent manganese.

Manganese Chemicals

Chemicals other than potassium permanganate could be used as oxidizers. Certain materials could replace "Maneb" as a fungicide on potato farms but alternative spraying programmes would have to be developed.

Summary of Part VI

No substitutes could replace manganese metal as a late addition to melts of low-carbon stainless steel and high-alloy steels. Manganese dioxide might be used instead of it in certain applications in the aluminum industry.

Ferromanganese is made with varying carbon content. The more expensive low-carbon varieties (and manganese metal) could be used in place of the less pure high-carbon kinds, but substitution in the other direction is not possible where for technical reasons the carbon content must be kept low.

Manganese, added to steel melts mostly in the form of ferro-manganese, performs three main functions in steelmaking: i) deoxidation, ii) sulphide-modification and iii) improving hardenability.

Although no single element can replace manganese in all of these roles:

- silicon (as ferrosilicon) could substitute for it as a deoxidizer;
- calcium, rare earth metals, titanium or zirconium can be used instead of manganese for sulphide-modification in plants equipped with the necessary modern technology to produce low-sulphur steels;
- combinations of chromium, nickel, molybdenum or vanadium could substitute for manganese in improving hardenability. Further research is, however, needed in this area.

Because of the ready availability of ferromanganese and its low cost compared with that of alternatives, little emphasis has been placed on metallurgical work directly aimed at replacing or conserving manganese.

Other chemicals could replace potassium permanganate in water pollution control. "Maneb", a fungicide used on potato farms, could be replaced, but alternative spraying programmes would have to be developed.

PART VII. SUMMARY

Canadian Uses

Canadian industry uses manganese in the form of:

i) manganese ores and concentrates
ii) manganese metal
iii) ferromanganese (including silicomanganese)
iv) other manganese-bearing alloys, and
v) manganese chemicals

In Canada, manganese ores and concentrates are used to produce high-carbon (standard) ferromanganese and silicomanganese. Battery-grade ores are used in dry-cell batteries.

Manganese metal finds application as an alloying agent in high-alloy steels, in aluminum-based alloys and in zinc-based alloys.

Ferromanganese (including silicomanganese), by far the most critical of the manganese materials to the national economy, is used in steel production as an alloying agent and to "scavenge" the unwanted sulphur and oxygen from molten steel which would cause brittleness of the product.

Small amounts of other manganese-bearing alloys are used to make aluminum alloys.

The greatest use of manganese chemicals in Canada is for making dry-cell batteries, in which synthetic manganese dioxide can be used instead of natural battery-grade ore. Manganese chemicals are also important in the manufacture of welding rods, magnesium-based alloys, feed and fertilizer mixtures and fungicides. Potassium permanganate is used in water purification.

World Supply

World output of manganese ores and concentrates, which are currently in oversupply, is centred in a relatively few countries, notably the U.S.S.R., the Republic of South Africa, the People's Republic of China and Gabon. Natural battery-grade ores come mostly from Gabon (60 per cent of world output) and Mexico.

Some 40 per cent of the world's manganese metal production capacity is located in South Africa. The United States, which has a further 38 per cent of world production capacity, produces metal from imported raw materials. Metal is currently in plentiful supply.

The major part of world ferromanganese production capacity is located in the U.S.S.R., Japan, the Republic of South Africa, the United States and the industrialized countries of western Europe. Recent years have witnessed a marked decrease in the proportion of world output of high-carbon ferromanganese accounted for by the United States and an increase in the People's Republic of China. Excess production capacity also exists for high-carbon ferromanganese.

Canada's Current Sources of Supply

Canada is ultimately entirely dependent on imports for its needs for manganese products. Only high-carbon ferromanganese, silicomanganese and a few secondary manganese chemicals are manufactured in Canada but from imported ores and concentrates.

In recent years, more than 90 per cent of Canada's imports of manganese ores and concentrates came from three countries, Gabon (via the Congo Republic), over 50 per cent; South Africa, almost 25 per cent; and Brazil, almost 20 per cent. The remainder of imports came via the United States, a country which does not produce any manganese ores.

South Africa is Canada's most important source of manganese metal. Relatively small amounts are obtained from the People's Republic of China.

While Canada is a producer (and exporter) of high-carbon ferromanganese and silicomanganese (from imported ores and concentrates), all low-carbon and medium-carbon ferromanganese is imported. Most medium-carbon ferromanganese comes from the United States, South Africa and Norway; most low-carbon ferromanganese is obtained from the United States, Norway and France. South Africa is the only one of these countries that has indigenous supplies of manganese ores.

Manganese chemicals are imported primarily from the United States. Some manganese dioxide is imported from Greece. Some potassium permanganate comes from the People's Republic of China and Spain.

The manganese raw materials used elsewhere to manufacture manganese metal, ferromanganese, other manganese-bearing alloys and manganese chemicals that were subsequently shipped to Canada from or via the United States may also have originated in Gabon or South Africa.

The ways by which manganese is transported from mine or smelter to tidewater -- aerial tramway-rail between Gabon and the coast, and rail in South Africa -- are vulnerable to acts of violence. Given the possibilities for unrest in Africa, interruptions are likely to occur to the supply chains of the manganese materials most critical to the Canadian economy, i.e., ores and concentrates (from which we make high-carbon ferromanganese and silicomanganese). The duration of such supply interruptions would be expected to be weeks or months rather than years.

Stocks

Ores and concentrates for use in ferroalloy production are generally imported by the consuming companies. Their stocks are estimated to cover at least one month's consumption. This is also the case for stocks of natural-battery grade ores, which are generally imported through merchants.

High-carbon ferromanganese and silicomanganese are made in Canada. In the summer of 1984, producers had at least two months' stocks on hand. Canadian industrial consumers' stocks, held in addition to these, normally amount to some six weeks' consumption of high-carbon ferromanganese and one month's needs for silicomanganese.

Industrial consumers of medium-carbon and low-carbon ferromanganese and manganese metal, all of which are imported, also have at least one month's requirements on hand. Metal merchants either have ready access to sources of supply in the United States or Norway, or they have at least one month's additional supplies on hand.

Substitutes

The relatively low cost of manganese has discouraged a serious search for alternatives. Other elements might perform some of the functions of manganese but extensive research would be needed to develop new types of steel, and product costs would initially be much higher. There are currently no practical substitutes for manganese -- in the form of ferromanganese made from ores and concentrates -- in the production of steel.

Modern steelmaking methods are reducing the losses of manganese to slags. Additional conservation measures appear feasible but could only reduce manganese needs by a small amount.

Should shortages of low-carbon or medium-carbon ferromanganese develop, manganese metal, which is more expensive, could be used instead of them in some applications.

There are no substitutes for manganese metal as a late addition to melts of low-carbon stainless steel and high-alloy steels. Manganese dioxide might be used instead of it in the production of manganese-bearing aluminum alloys.

Synthetic manganese dioxide (made from ores and concentrates) can be used in place of natural battery-grade ores in dry-cell batteries.

Inferior substitutes exist for manganese chemicals in their various end-uses. To replace the fungicide 'Maneb' in agricultural applications, alternative spraying programmes would have to be developed.

Alternative Sources of Supply

Canadian users of manganese products are by no means bound to their current product supply options.

Ores and concentrates could be sought from alternative sources of supply such as Australia or Mexico.

A stockpile of metallurgical grade manganese ores and concentrates, sufficient in size for six months' requirements, could be acquired at the cost of some $9 million.

Concentrates for use as feed for domestic high-carbon ferromanganese and silicomanganese production could be produced from deposits at Woodstock, New Brunswick. A concentrator would take one to two years to construct; the concentrate produced would cost at least twice as much as imports.

Diversification could be increased in Canada's sources of supply of manganese metal, with greater amounts being sought from France, Japan and the United States. All of these countries are, however, dependent upon imports for the manganese raw materials that they require to make the metal.

It may be possible to produce manganese metal from domestic resources at a plant to be built in eastern Canada. Metal might be producible at competitive cost in three years.

A stockpile containing six months' requirements for medium-carbon and low-carbon ferromanganese could be acquired at the cost of about $6 million.

Supplies of medium-carbon ferromanganese could be sought from Brazil and Japan, or they might be produced from a facility, which would take three to five months to construct, at an existing Canadian ferromanganese plant.

Low-carbon ferromanganese could be sought from Japan or West Germany. An alternative would be to construct a plant in Canada to make this material from domestically-produced high-carbon ferromanganese. Such a plant would take eight to twelve months to build.

Establishment of a commercial-scale plant to produce synthetic manganese dioxide from raw materials at Woodstock, New Brunswick, offers an alternative to imports. Such a plant, which would take three years to bring into production, and could also lead to output of manganese metal, might be able to produce supplies of this manganese chemical at costs lower than imports.

PART VIII. RECOMMENDATIONS

There is currently no lack of supplies to Canada of

- manganese ores and concentrates, which are critical to the Canadian ferroalloy industry for making high-carbon ferromanganese and silicomanganese;
- manganese metal, for the aluminum and nonferrous alloys industries;
- medium-carbon and low-carbon ferromanganese critical to the steel and specialty alloys industries; and
- natural battery-grade ores and synthetic manganese dioxide, for use in making dry-cell batteries.

In spite of currently plentiful supplies of these imported manganese materials, the likelihood of future interruptions to supplies from Africa warrants consideration of insurance measures. Any such interruptions in the 1980s could be of several months' duration.

While the Canadian government has not, at least in time of peace, seen a need to play a role in assuring manganese supplies for Canada, some forward planning by government at this time could provide more room for manoeuvre in the case of any unexpected supply interruption. To this end, it is recommended that Energy, Mines and Resources Canada:

1) seek to encourage contractual agreements with Australian, Brazilian, and Mexican producers for the supply to Canada of manganese ores and concentrates under short-term emergency conditions,

2) lend support to Canadian or international infrastructure aid programs designed to improve mine-to-sea rail access for manganese ores in Burkina Faso (formerly known as Upper Volta), Gabon, Ghana and Zaire, and

3) seek means to lessen Canada's dependence on imports and consequently lessen its vulnerability to lengthy interruptions to manganese supplies through:

   a) evaluating the technical and economic applicability of current and developing metallurgical techniques for the production - in Canada - of manganese metal and other forms of manganese suitable for making steel and nonferrous metal alloys from:

- domestic ores and concentrates, and
- imported ore materials obtained from a variety of countries,

b) more detailed assessment, in conjunction with the above, of known domestic manganese deposits at Woodstock, New Brunswick, on the Avalon Peninsula, Newfoundland and in iron-formation in Ontario and Quebec,

c) the encouragement of metallurgical studies and tests on steels made with elements replacing manganese, and the collection and dissemination of scattered knowledge on this subject.

Given its cost of some $15 million and the number of other possible courses of action currently available, creation of a stockpile of manganese materials would be difficult to justify at this time.

APPENDIX 1

Average Annual Prices of Selected Manganese Ores, 1973-83

Year	Ore[1]	Ferromanganese[2]	Manganese Metal[3]
		($ Cdn equivalent/tonne)	
1973	40.60	393.40	732.60
1974	51.30 - 55.10	389.00	1,176.30
1975	65.20 - 66.30	439.00	1,206.90
1976	70.70 - 73.60	426.10	1,302.60
1977	76.70 - 79.30	431.40	1,403.00
1978	76.90 - 79.10	493.40 - 510.80	1,508.20
1979	76.20 - 78.50	495.00 - 506.50	1,598.70
1980	93.90 - 98.90	577.20 - 644.30	1,846.90
1981	92.90 - 98.00	571.50 - 618.20	1,828.90
1982	92.40 - 98.30	597.10	1,910.80
1983	84.80 - 86.60	601.30	1,924.30

Sources: Prices, Metals Week; Exchange Rates (December average), Bank of Canada Review.

[1] Calculated from the "per long ton unit price quotation for minimum 48 per cent manganese (low impurities) ore, cif U.S. ports, assuming a 48 per cent manganese content. [2] Standard 78 per cent Mn, producer, fob (U.S.) shipping point, carload lots, lump, bulk. [3] Regular, minimum 99.5 per cent Mn, fob (U.S.) shipping point.
fob free on board; cif includes cost, insurance and freight.

APPENDIX 2

Prices of Manganese Metal, Various Grades of Ferromanganese and Silicomanganese January, 1984

	$ Cdn equivalent/tonne
A. Manganese Metal,	
1. U.S., regular, minimum 99.5% Mn	1,923
2. U.S. 6% N, minimum 93.7% Mn	2,198
B. Ferromanganese	
1. U.S., producer, standard, 78% Mn	601
2. U.S., producer, medium-carbon	1,127-1,264
3. U.S., producer, low-carbon, .1% C	1,882-1,992
C. Silicomanganese	
1. U.S., producer, 2% C, fob shipping point	577

Sources: Metals Week, Vol. 55, No. 1, January 2, 1984, p. 5; exchange rate: Bank of Canada Review, February 1984, p. S-127.

APPENDIX 3

Prices of Selected Manganese Chemicals, December 1983

	($ Cdn equivalent/ of U.S. prices/tonne)
1. Manganese acetate	
a) dihydrate, drums, delivered United States	1,195 - 1,319
b) tetrahydrate, drums, delivered United States	1 319
2. Manganese borate, technical, drums	2,198 - 2,720
3. Manganese carbonate chemical grade, 46 per cent Mn, bags, 20,000-lb lots or more, works	2,885
4. Manganese chloride, anhydride, drums, 20,000-lb lots or more	1,676
5. Manganese dioxide	
a) natural, African, ground, 74-76 per cent MnO_2, 100-lb bags, carload, works	275
b) 84 per cent MnO_2, same basis	343 - 522
c) synthetic crystalline, battery grade, 90-92 per cent MnO_2, 100-lb bags, carload, works	1,923 - 2,404
d) chemical, ferrite grade	1,346 - 1,676
6. Manganese gluconate FCC grade, 100-lb drums, fob works	11,678
7. Manganese hypophosphite, national formulary, drums	24,044
8. Manganese resinate, fused 3½ per cent Mn, drums, freight allowed	948
9. Manganese sulphate	
a) fertilizer grade, run-of-pile, 75 per cent to 78 per cent $MnSO_4$, 25-kilo bags, 50 short ton cars, delivered United States east of Mississippi	234
b) bulk, hopper-cars, same basis	199
c) 28 per cent Mn, granular, bags, carload, truckload, works	412
10. Potassium permanganate, free flowing, bulk, hopper trucks, works	5,276

Sources: Chemical Marketing Reporter, Vol. 225, No. 1, January 2, 1984, p. 47 and 49; exchange rate: Bank of Canada Review, February 1984, p. S-127.

APPENDIX 4

Canadian Customs Tariffs on Imported Manganese Materials

Item No.		Rate			
		British Preferential	Most Favoured Nation	General	General Preferential
		(per cent)			
32900-1	Manganese ore	free	free	free	free
35504-1	Manganese oxide	free	free	free	free
35704-1	Electrolytic manganese metal	free	5	5	free
37501-1	Ferromanganese, spiegeleisen and other alloys of manganese and iron, not more than 1 per cent Si, on the Mn content, per lb.	free	0.5¢	1.25¢	free
37502-1	Silicomanganese, silicospiegel and other alloys of manganese and iron more than 1 per cent Si, on the Mn content, per lb.	free	0.75¢	1.75¢	free

MFN Reductions under GATT (effective January 1 of year given)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
37501-1	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
37502-1	0.75	0.74	0.73	0.74	0.72	0.71	0.70

Source: The Customs Tariff and Commodities Index, January 1980, Revenue Canada.

APPENDIX 5

MANGANESE ORES AND CONCENTRATES, COUNTRY BY COUNTRY REVIEWS

Australia

The discovery and development in the 1960s of the Groote Eylandt Mining Co. Pty. Ltd.'s property on Groote Eylandt, Northern Territory, brought about a significant change in world supply patterns. Australia now accounts for some 5 per cent of world output.

Concentrator throughput capacity at Groote Eylandt is of the order of 2.4 million tpy of concentrates. In 1982, production amounted to some 1.2 million t, 200 000 t of which were sent to an associated company, Tasmanian Electro Metallurgical Company Proprietary Limited of Bell Bay, Tasmania, for conversion to ferromanganese.

Proven reserves at Groote Eylandt are reported to amount to 160 million t grading 46 per cent manganese, based on a mine cut-off grade of 25 per cent manganese.[1]

Small amounts (6 335 t in 1981) of manganese dioxide are reported to be produced as a sludge from electrolytic zinc refining at the Electrolytic Zinc Company of Australasia Ltd.'s plant at Risdon, Tasmania.[2]

Australia is a major world exporter of manganese concentrates. In 1982, some 45 per cent of its approximately 1 million t of exports were sent to Japan, 29 per cent to Europe and 10 per cent to the United States.[3]

Brazil

The development of manganese deposits has resulted in the opening up of several remote parts of Brazil.

In 1982, output from the largest mine, the Serra da Navio operation in the Amapa region to the north of the mouth of the Amazon River, amounted to just under 1 million t[4]. Ore concentrated at the mine is transported some 200 km by rail to Porto Santana, where some 20 per cent of the concentrates are pelletized. Reserves of high-grade ore at this property, owned by Companhia Auxiliar de Empresas de Mineracao (CAEMI)[5], are reported to be nearing exhaustion.

Manganese ore mined at Urucum, near the Bolivian border, and at Morro da Mina in Minas Gerais is mostly destined for use in domestic steel and ferroalloy production.

A new manganese mining operation of 450 000 tpy of ore is being developed by the Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) at Igarapé Azul in the

Carajás region to the south of the Amazon River. Exports are to be limited to 25 per cent of output.[6]

China

Recent years have brought about steady growth in manganese mining operations in the People's Republic of China. Deposits grading some 40 to 50 per cent manganese are reported to exist at Hsingtian in Hunan province[7]. Ferruginous ore deposits are found elsewhere in Southern China - at Laiping in the Guangxi Zhuangzu autonomous region and Tsunyi in Guizhou province. Manganese deposits of unknown grade are present at Wafangtzu in Liaoning province in northeastern China.

Although China is reported to have purchased 200 000 t of manganese ore from Australia for delivery in 1984[8], it is also an exporter of manganese materials. In 1981, it sent some 20 000 t of manganese ore to Japan and exported 571 t of metal and alloys, 224 t of which were sent to Canada.[9]

Gabon

The Moanda mine of the Compagnie Minière de l'Ogooué S.A., a consortium of the United States Steel Corporation (36 per cent), the Government of Gabon (30 per cent), various French interests (27.7 per cent), Elkem A/S (6 per cent), and others (0.3 per cent), accounts for some 7 per cent of world manganese output.

In 1982, mine production capacity was reported to be 2.6 million t. Output in that year amounted to 1 511 930 t including 105 476 t of battery-grade ore averaging 83-85 per cent manganese dioxide.[10]

Production can be exported only via a 76 km aerial tramway to the neighbouring Congo Republic. Expansion of capacity must await the arrival of the Trans-Gabon railway, now under construction, which is expected to reach Moanda in 1986.

Ghana

Before the opening of the Moanda mine in Gabon in the 1960s the Nsuta mine in central Ghana was considered to be the world's most important source of natural battery-grade manganese ore.

A roasting and nodulizing plant completed in 1982 but still awaiting commissioning[11], which allows the production of materials containing 50 per cent manganese, is expected to help stem a gradual decline in the output of manganese materials in Ghana.

Greece

Greece is a small-scale producer of natural battery-grade manganese ores from a mine operated by Eleusis Bauxite Mines Mining, Industrial and Shipping, Inc., near Drama in Macedonia.

India

For many years, India has been a major world supplier of manganese ore. Although manganese is found in many parts of the country, the bulk of the nation's reserves are centered in the Nagpur-Bhandra-Balaghat belt of Maharashtra and Madhya Pradesh states.

In recent decades, India has placed great emphasis on developing its iron and steel and ferroalloy industries. In 1973, restrictions were placed on the export of high-grade (45 per cent or more) ores.

India is still a major exporter of low-grade (ferruginuous) manganese ores, particularly to Japan and eastern Europe.

Mexico

The Compania Minera Autlán S.A. de C.V., with proven reserves of 29 million t of 27 per cent manganese[12], has two major mining operations in the Molango district of the state of Hidalgo, both of which have potential for expansion. The company produces manganese oxide nodules from carbonate ores at a plant at Molango and natural battery-grade ore from a mine at Nonoalco, also in the state of Hidalgo.

Much of the company's production is used to make ferromanganese in Mexico; it does, however, export nodules of 39-40 per cent manganese to the United States, Japan and France.

Morocco

For many years, the Imini mine of the Société Anonyme Chérifienne d'Études Minières (SACEM) has been an important source of chemical grade manganese ore. Output from this source is soon expected to come to an end due to exhaustion of ore reserves.

Republic of South Africa

The Republic of South Africa is the second largest producer of manganese ores and concentrates in the world, after the U.S.S.R.

The country's most important manganese deposits are located in the Postmasburg and Kuruman (Kalahari) districts of northern Cape Province (Figure 3). Chemical and battery-grade ores are produced from far smaller deposits near Krugersdorp in the Transvaal.

S.A. Manganese Amcor Ltd. (SAMANCOR), South Africa's largest producer, operates open pit mines at Hotazel and Mamatwan in the Kuruman district. It also has underground mines at Middelplaats and Wessels in the Kuruman district.

The company's total annual production capacity has been reported to be 5.1 million t. In years prior to 1983, some 60 per cent of its output was sent 1 200 km by rail to Port Elizabeth for export.

A subsidiary company, Metalloys Ltd. produces ferromanganese in plants at Kookfontein and Newcastle.

The Associated Manganese Mines of South Africa Limited produces manganese ore at several locations in both the Postmasburg and the Kuruman districts. The principal operations are the Black Rock, Gloria and Nchwaning mines in the Kuruman district, which have a total production capacity of some 4.0 million t. A subsidiary company, Feralloys Limited, makes ferromanganese at Cato Ridge, Natal.

In 1983, the company's dispatches of manganese ore amounted to only 778 000 t compared to 1 132 000 t in 1982[13].

Rand London Manganese Mines (Pty.) Ltd. owns seven chemical and battery-grade manganese mines in the Randfontein area of Transvaal, the most important of which is the Gopane mine near Zeerust. Total output is estimated to be some 300 000 tpy of manganese dioxide, much of which is used as an oxidant in the recovery of uranium from gold-uranium ores.

Over the years, the ability of South African Railways to handle manganese ore shipments and the amounts charged for rail haulage to Port Elizabeth have been major concerns for South African manganese producers.

Loading facilities at Port Elizabeth now include ore storage capacity of up to 460 000 t, and two ship loaders with a combined loading capacity of 1 360 t per hour.

U.S.S.R.

The U.S.S.R. is the world's largest producer, and consumer, of manganese ores. The principal producing districts are at Nikopol and Bol'shoi Tokmak in southern Ukraine and at Chiatura in Georgia. Poorer grade deposits occur at Polunochnoe and Masyatskoe in the Urals, Usinskoe and Mazul'skoe in western Siberia and at Atasuiskoe and Dzhezdinskoe in Kazakastan[14].

In the Ukraine, ore grading 18.5 to 24.5 per cent manganese is upgraded to concentrates containing 35 to 45 per cent manganese. The larger part of Georgian ore is reported to be beneficiated to concentrates grading 48 per cent manganese. The deposits near Dzezhdy are reported to contain 45 to 50 per cent manganese.

The U.S.S.R., which once was a major exporter of manganese ore, now imports a relatively small proportion of its requirements. For example, in May 1984, it purchased 105 000 t of manganese ore from Australia and offered the Groote Eylandt Mining Co. Pty. Ltd. an option to sell it an additional 40 000 t before the cost of 1984[15].

United States

No manganese ore is currently produced in the United States, although deposits from which concentrates containing 35 per cent or more manganese have been produced are present.[16]

Apart from net withdrawals from stocks, the United States is entirely dependent upon imports for its manganese ore supplies. Over the period 1979-82, the principal sources of imports were the Republic of South Africa, 33 per cent; Gabon, 26 per cent; Australia, 20 per cent; Brazil, 12 per cent; and others 9 per cent.[17]

The United States maintains a national defence stockpile of manganese raw materials (Table A-1), but the stockpile goals have yet to be met for synthetic battery-grade manganese dioxide (12 per cent achieved) and metallurgical grade ore (89 per cent achieved).

In December, 1983 the United States General Services Administration awarded a "contract to Elkem Metals Company for converting about 43 500 t of metallurgical manganese ore in the stockpile to high-carbon ferromanganese". This was the first contract awarded in a stockpile upgrading program under which some 520 000 t of high-carbon ferromanganese were eventually to be produced.

In 1983, United States consumers' stocks (all grades combined) were equivalent to some eight months consumption of manganese ore and five months consumption of ferromanganese.

Zaire

The Société Minière de Kisenge (SMK), which exported considerable amounts of high grade carbonate ore in the 1960s is reported to have 500 000 t of crushed and 700 000 t of uncrushed carbonate ore in stock. The lack of available rail cars and the poor state of its Dilolo to Lobito (Angola) railroad have virtually halved exports of manganese ore from Zaire.

Other Countries

Several other countries produced manganese ores for internal use, notably Bulgaria and Hungary, Chile and Japan. However, Japanese output only accounts for a tiny fraction of that country's domestic requirements. Indonesia and Thailand produce relatively small amounts of battery-grade ores for export.

Appendix 5 Table A-1

United States Manganese Stockpile Status as of November 30, 1983[1]

Material	Goal	Total Inventory (tonnes)	Authorized for disposal
Battery:			
Natural ore	56 200	165 100[2]	41 700
Synthetic dioxide	22 700	2 700[2]	-
Chemical Ore	154 200	174 200	20 000
Metallurgical ore	2 449 400	2 184 500[3]	-
Ferromanganese:			
High-carbon	398 300	544 300[3,4]	-
Medium-carbon	0	26 300[3]	-
Silicomanganese	0	21 800[3]	-
Electrolytic metal	0	12 700[3]	-

Sources: T.S. Jones, "Manganese" in U.S. Bureau of Mines, Mineral Commodity Summaries 1984, p. 97; and U.S. Federal Emergency Management Agency, "Stockpile Report to the Congress, April-September, 1983", p. 21.

[1] In addition to data shown, the stockpiles contained the following non-stockpile-grade materials: 869 100 t of metallurgical grade ore and 30 800 t of natural battery ore. [2] 20 000 t of manganese, battery-grade, natural ore held against a shortfall of 20 000 t of manganese; battery grade, synthetic dioxide. [3] Manganese metal (equivalent to 32 100 t), high-carbon ferromanganese equivalent to (140 700 t), medium-carbon ferromanganese (equivalent to 52 500 t) and silicomanganese (equivalent to 38 500 t), totalling 263 800 t of equivalent, held against 264 900 t shortfall of metallurgical grade manganese ore. [4] 75 600 t of high-carbon ferromanganese held against a reduction of ore value in desired inventory mix.

References

[1] M.P. Sassos, "Manganese: Gemco Mines Huge Resources at Groote Eylandt", Engineering and Mining Journal, Vol. 135, No. 1, January, 1984, p. 37.

[2] R. Pratt, "Manganese", in Australian Mineral Industry Annual Review, 1981", p. 175.

[3] M.P. Sassos, ibid.

4 T.D. Ellison, "Manganese", Mining Annual Review - 1983, p. 68.
5 T.D. Ellison, "Manganese", Mining Annual Review - 1982, p. 69.
6 R.S. Ridley and A.F. Kaba, "Brazil Battles the Jungle to Mine Carajas Minerals", World Mining, Vol. 36, No. 1, January, 1983, p. 50-57.
7 J.H. DeYoung, D.M. Sutphin and W.F. Cannon, International Strategic Minerals Inventory-Manganese", U.S. Geological Survey Circular 930-A, p. 18-19.
8 Staff, Mining Journal, Vol. 302, No. 7755, April 6, 1984, p. 231.
9 E. Chin, "The Mineral Industry of China", Preprint from the 1982 Bureau of Mines Minerals Yearbook, p. 7.
10 B.A. Kornhauser, "The Mineral Industry of Gabon", Preprint for the 1982 Bureau of Mines Minerals Yearbook, p.5.
11 T.D. Ellison, "Manganese", Mining Annual Review - 1984, p. 64.
12 L. White, "Mining in Mexico - Autlan: Huge Resources will Feed Steel Industry's Manganese Demand", Engineering and Mining Journal, Vol. 181, No. 11, November, 1980, p. 107.
13 The Associated Manganese Mines of South Africa Limited, "Annual Report 1983", p. 4.
14 F.P. Edneral, "Electrometallurgy of Steel and Ferro-alloys", Vol. 2, Moscow, Mir Publishers, 1979, p. 156.
15 Staff, "Manganese - Hostage to Steel", Mining Journal, Vol. 302, No. 7767, June 29, 1984, p. 434.
16 C.C. Kilgore and P.R. Thomas, "Manganese Availability - Domestic", "A Minerals Availability System Appraisal", U.S. Bureau of Mines Information Circular 8889, p. 4.
17 T.S. Jones, "Manganese", in U.S. Bureau of Mines, "Mineral Commodity Summaries 1984; p. 96.

APPENDIX 6

FERROMANGANESE, COUNTRY BY COUNTRY REVIEWS

Australia

Australia produces high-carbon ferromanganese and silicomanganese at the Newcastle, Tasmania electric furnace plant of the Tasmanian Electro Metallurgical Company Proprietary Limited. Ore is obtained from Groote Eylandt in the Northern Territory.

Belgium

The Sadaci Division of S.A. Applications de la Chimie, de l'Électricité et des Métaux (SADACEM), in Ghent, produces both high-carbon and medium-carbon ferromanganese and silicomanganese at an electric furnace plant from imported ores.

Brazil

Five Brazilian ferroalloy plants produce a range of ferromanganese and silicomanganese products in electric furnaces for domestic consumption and for export. Given their distance from manganese mines in northern Brazil, some of the plants on the south east coast use ore imported from South Africa for feed.

New developments in the Carajás region are expected to boost Brazil's already growing role in world ferromanganese production.

China

In 1982 the People's Republic of China accounted for some 7 per cent of world ferromanganese production. At present, output appears to be mainly destined for domestic consumption, but given China's resources of manganese ore it could well become a significant exporter of ferromanganese.

France

France makes the largest amount of ferromanganese in western Europe.

SOFREM - Société Française d'Électrométallurgie is a significant producer of low-carbon ferromanganese and a major exporter of this material to the United States.

Most of France's high-carbon ferromanganese is still produced in blast furnaces, some of which may be closed as the result of the rationalization of ferromanganese output in western Europe.

France imports all of its manganese raw materials. The largest plant, that of Aciéries de Paris et d'Outreau at Boulogne-sur-mer, is owned by Gabonese interests.

India

Eight relatively small producers make ferromanganese in India from domestic manganese ores. Most of their output is used in India; a small amount is exported to Japan.

Italy

Italy, a traditional producer of ferromanganese, now relies entirely on imported raw materials. Two-thirds of high-carbon ferromanganese output in 1982 came from blast furnace operations which may well be rationalized in the near future.

Japan

Japan is the western world's largest producer of ferromanganese. It accounts for some 10 per cent of world output. All grades of ferromanganese (including silicomanganese) are produced from imported raw materials.

Japan is the world's greatest importer of manganese ores. World ore prices tend to be determined by the results of discussions held each year between ore producers in Australia, Gabon and South Africa and their customers in Japan.

Mexico

In recent years, Mexican output of ferromanganese has, in contrast to that in many countries, shown steady growth. This is due primarily to developments at the Tamos plant of Compania Minera Autlán S.A. de C.V. which has an electric furnace operation based on domestically-mixed raw materials.

Norway

Three companies, including Elkem A/S which has subsidiaries throughout the world, produce ferromanganese and silicomanganese in Norway using that country's relatively inexpensive hydro-electric power. Almost all output is exported.

Republic of South Africa

The Republic of South Africa (Figure 3) is the western world's principal source of ferromanganese produced from domestic ores. Installed capacity is of the order of 600 000 t (including silicomanganese).

South Africa has three major producers. The largest, S.A. Manganese Amcor Ltd., has an estimated capacity of 393 000 tpy of high-carbon ferromanganese and 52 000 t of silicomanganese at its Kookfontein operation. Feralloys Ltd., a subsidiary of The Associated Manganese Mines of South Africa Limited, has a capacity of some 80 000 tpy and Transalloys (Pty.) Ltd. a capacity to produce 10 000 tpy of medium-carbon ferromanganese and at least 70 000 t of silicomanganese.

In 1983, the United States obtained some 43 per cent of its net imports of ferromanganese from the Republic of South Africa.

U.S.S.R.

Ferromanganese plants are located at Nikopol in the Ukraine and Yermak in Kazakhstan. Most of the ferromanganese produced in the Soviet Union is believed to be for internal consumption by the U.S.S.R. and the countries associated with it.

United States

Prior to the 1970s the United States produced a substantial part of its needs of ferromanganese. In 1983, 75 per cent of United States requirements was satisfied by imports.

This decline in the role of the United States ferromanganese industry is due, in large part, to competition from plants in South Africa and elsewhere, some of them partially owned by United States parent companies.

APPENDIX 7

SELECTED REPORTS ON MANGANESE
Prepared by Energy, Mines and Resources Canada and Predecessor Agencies

F.D. Anderson, "Woodstock, Millville and Coldstream Map-areas, Carleton and York Counties, New Brunswick", Geological Survey of Canada, Memoir 353, 1968, 69 p.

F.W. Chandler, "The Structure of the Richmond Gulf Graben and the Geological Environments of Lead-Zinc Mineralization and of Iron-Manganese Formation in the Nastapoka Group, Richmond Gulf area, New-Quebec-Northwest Territories", in "Current Research, Part A", Geological Survey of Canada, Paper 82-1A, 1982, p. 1-10.

R.K. Collings and S.S.B. Wang, "Mineral Waste Resources of Canada, Report No. 7 - Ferrous Metallurgical Wastes", CANMET Report, 80-19E, May 1980, 30 p.

G.A. Gross, "Low Grade Manganese Deposits - A Facies Approach," in W.C. Shanks III, (ed.), "Unconventional Mineral Deposits", New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1983, p. 198.

G. Hanson, "Manganese Deposits of Canada", Geological Survey of Canada, Economic Geology Series No. 12, 1932, 120 p.

D.G. Law-West, "Manganese", a Preprint from Canadian Minerals Yearbook, 1982, Mineral Policy Sector, 1984, 6 p.

W.D. McCartney, "Whitbourne Map-Area, Newfoundland", Geological Survey of Canada, Memoir 341, 1967, p. 103-115.

National Mineral Inventory, Mineral Policy Sector, "Canadian Mineral Deposits not being Mined in 1983", 1984, 300 p.

J. Palmer, "Possibilities for the Exploitation of Domestic Manganese Resources", CANMET Report, MRP/OTT 83-03, 1983, 58 p.

R.J. Shank, "Canada's Dependence on Imported Minerals and Metals - The Issues", Mineral Policy Sector, Internal Report, MRI 81/7, 1981, 29 p.

APPENDIX B

GENERAL REFERENCES

D.B. Brooks, "Low-grade and Nonconventional Sources of Manganese", Washington D.C., Resources for the Future, Inc., 1966, 123p.

R.E. Brown, "Ferroalloys", a chapter from U.S. Bureau of Mines, "Minerals Yearbook, 1982", Washington, D.C., Government Printing Office, 22 p.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, "Mangan", Untersuchungen über Angebot und Nachfrage Mineralischer Rohstoffe VIII, Hannover, 1977, 156 p. plus annexes.

N. Connell, (Ed.), "World Minor Metals Survey", second edition, London, Metal Bulletin PLC, 1981, 118 p.

P.L. Dancoisne, "Manganese", in D. Hatfull (Ed.), "Future Metal Strategy", London, The Metals Society, 1980, 213p., p. 72-78.

P.L. Dancoisne, "Spotlight on Manganese", Metals and Materials, June 1978, p. 18-24.

G.L. DeHuff, "Manganese", in U.S. Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems: 1975 Edition", Bureau of Mines Bulletin 667, Washington, D.C., Government Printing Office, 1259 p., p. 653-668.

G.L. DeHuff and T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, "Mineral Commodity Profiles, 1979", 20 p.

C.D. Desforges, W. E. Duckworth and T.F.J.N. Ryan, "Manganese in Ferrous Metallurgy", Neuilly sur Seine, France, The Manganese Centre, 1976, 87 p.

J.H. DeYoung, Jr., D.M. Sutphin, and W.F. Cannon, "International Strategic Minerals Inventory Summary Report - Manganese", U.S. Geological Survey Circular 930-A, Alexandria, Virginia, 1984, 22p.

E. Dickson, "Manganese-Non-Metallic Market Developments", Industrial Minerals, No. 35, August 1980, p. 21-29.

V.W.A. Duke, "Manganese: A Mineral Commodity Review", South Africa, Department of Mines, Minerals Bureau, Internal Report No. 53. Braamfontein, 1979, 246 p.

G. Gialoglou and D. Drymonitis, "Northeastern Greece: Mining Activites, Mineral Exploration and Future Developments", Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A., Vol. 92, October 1983, p. A180-185.

India, Bureau of Mines, "Mineral Facts and Problems: Manganese Ore", Monograph No. 4, Nagpur, Indian Bureau of Mines, July 1974, 335 p.

Staff, Industrial Minerals, "Manganese Reserves Adequate for Chemical Manufacturers...but Supplies of Battery-Active Ores are Less Satisfactory", Industrial Minerals, No. 30, March 1970, p. 11-24.

I.S. Jones, "Manganese", Preprint from the 1982 U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook.

I.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, "Mineral Commodity Profiles 1983", Washington, D.C., U.S. Bureau of Mines, 1983, 20p.

I.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, "Mineral Commodity Data Summaries; 1984", Washington, D.C., U.S. Bureau of Mines, 1984, 185 p., p. 96-97.

C.C. Kilgore and P.R. Thomas, "Manganese Availability - Domestic: A Minerals Availability System Appraisal", U.S. Bureau of Mines Information Circular 8889, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1982, 14 p.

C.L. Mantell, "Manganese", in C.A. Hampel (Ed.), "Rare Metals Handbook", Second Edition, Huntingdon, N.Y., Robert E. Krieger Publishing Co. Inc., 1971, p. 271-282.

L.R. Matricardi and J. H. Downing, "Manganese and Manganese Alloys" in "Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology", Third Edition, Vol. 14, Toronto, John Wiley and Sons, 1978, 981 p., p. 824-843.

Staff, Mining Journal, "Manganese - Hostage to Steel", The Mining Journal, Vol. 302, No. 7767, June 29, 1984, p. 433-434.

Mining Journal Limited, "Mining Annual Review - 1983", London, Mining Journal Limited, 1983, 534 p.

J. Parry, (Ed.), "Ferro Alloys Survey 1979", London, England, Metal Bulletin Ltd., 1979, 179 p.

A.H. Reidies, "Manganese Compounds" in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology", Third Edition, Vol. 14, Toronto, John Wiley and Sons, 1978, 981 p., p. 844-895.

R.S. Ridley and A. F. Kaba, "Brazil Battles the Jungle to Mine Carajas Minerals", World Mining, Vol. 36, No. 1, January 1983, p. 50-57.

Roskill Information Services Ltd., "The Economics of Manganese", Second Edition, London, England, Roskill Information Services Ltd., 1978, 345 p.

K.O.J. Sidwell, "Manganese Ore Occurrences in New Brunswick", Fredericton, N.B., The New Brunswick Resources Development Board, 1952, 168p.

The Tex Report Co. Ltd., "1983 Ferro Alloy Manual", Tokyo, 1984, 295 p.

United Nations, Conference on Trade and Development, "The Processing and Marketing of Manganese: Areas for International Co-operation", New York, United Nations, TD/B/C.1/PSC/20, 1981, 27 p.

United States, National Research Council, Commission on Sociotechnical Systems, National Materials Advisory Board, "Manganese Reserves and Resources of the World and their Industrial Implications", NMAB Report No. 374, Washington, D.C., National Academy Press, 1981, 334 p.

S.A. Weiss, "Manganese: The Other Uses", London, England, Metal Bulletin Books Ltd., 1977, 360 p.

MR 205

MANGANÈSE

BULLETIN MINÉRAL MR 205

MANGANÈSE

UN PRODUIT MINÉRAL IMPORTÉ

Énergie, Mines et Ressources Canada
Minéraux

Energy, Mines and Resources Canada
Minerals

Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste auprès du:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa (Canada) K1A 0S9

N° de catalogue M38-2/205
ISBN 0-660-53079-1

Canada: 5,00 $
à l'étranger: 6,00 $

Prix sujet à changement sans préavis

AVANT-PROPOS

Les Canadiens sont de plus en plus conscients de l'importance de leurs ressources minérales. Producteur de quelques 60 produits minéraux, le Canada occupe la troisième place au monde - après les États-Unis et l'U.R.S.S. - au point de vue valeur et diversité de la production minérale et il est le plus important exportateur de minéraux au monde.

Comme le Canada jouit d'une position privilégiée - parce qu'il possède non seulement de vastes ressources minérales sur son territoire mais aussi la capacité de subvenir à la plupart de ses propres besoins en minéraux - bon nombre de Canadiens sont surpris lorsqu'ils apprennent que leurs importations de minéraux et de produits à base de minéraux se chiffrent à plusieurs milliards de dollars par année.

Certains des produits importés, tels que le minerai de fer et divers minéraux industriels, sont également extraits de notre sol, mais d'autres, comme la bauxite, le chrome, le manganèse et la roche phosphatée, ne le sont pas.

Étant donné l'instabilité croissante de la conjoncture internationale, le gouvernement du Canada accorde actuellement plus d'attention aux produits minéraux que le pays doit importer. D'autres pays industrialisés, dont la vulnérabilité économique est beaucoup plus grande que la nôtre du fait qu'ils sont moins en mesure de subvenir à leurs besoins en minéraux, examinent également de plus près leurs importations.

Pour déterminer la vulnérabilité du Canada à l'égard de la raréfaction d'un certain produit minéral importé, il faut tenter de répondre aux questions suivantes:

- Quels sont les pays d'origine de ce produit minéral?
- Quel itinéraire parcourt-il jusqu'au Canada?
- Jusqu'à quel point la chaîne d'approvisionnement est-elle vulnérable aux interruptions de nature politique ou autre?
- De quelle quantité de ce produit minéral avons-nous besoin, et pour produire quoi exactement?
- Y a-t-il d'autres sources d'approvisionnement?
- Quels sont les matériaux de substitution que l'on peut obtenir au pays ou à l'étranger?
- Quelles mesures faudrait-il prendre afin d'obtenir ce produit minéral d'une autre source ou en vue d'utiliser un substitut?

En résumé, quelles sont les probabilités de voir interrompre les approvisionnements futurs du Canada en ce minéral et quelles mesures de prévention devrions-nous prendre dès maintenant?

Le présent rapport sur le MANGANÈSE - un minéral surtout utilisé, au Canada, comme ferro-alliage dans la fabrication de l'acier et (sous forme de minerai naturel de qualité pile ou de bioxyde de manganèse synthétique) dans la fabrication de piles - examine la situation de l'une des rares matières premières que le Canada doit actuellement importer en totalité. Ce rapport est le cinquième d'une série visant à évaluer les problèmes possibles d'approvisionnement de certains minéraux non combustibles; ces renseignements pourront servir de base à une politique gouvernementale qui impliquerait, par exemple, une certaine orientation des recherches susceptibles d'amener un jour une réduction de notre dépendance envers les fournisseurs de l'étranger. M. R.J. Shank a traité de la question des minéraux stratégiques en général dans un document intitulé "Dépendance du Canada à l'égard des minéraux et des métaux importés - Questions à l'étude", Rapport interne du Secteur de la politique minérale MRI 81/7.

Les personnes suivantes du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources ont collaboré à la préparation du présent rapport: M.C. Campbell (Laboratoires des sciences minérales), W.J.S. Craigen (Bureau de transfert de la technologie), J.D. Boyd et A. Palmer (Laboratoires de la métallurgie physique), tous du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, G.A. Gross et D.C. Findlay (Division de la géologie économique), de la Commission géologique du Canada, ainsi que D.G. Law-West, T.C. Newman, D.R. Phillips et J. Zwartendyk, du Secteur de la politique minérale.

La coordination de cette étude est l'oeuvre de A.B.T. Werner, de la Division de la politique des ressources, Secteur de la politique minérale.

Le sous-ministre adjoint
Secteur de la politique minérale

R.D. Hutchinson

TABLE DES MATIÈRES

	Page
PARTIE I. PRINCIPAUX SOUS-PRODUITS DU MANGANÈSE	1
Introduction	1
Minerais et concentrés de manganèse	1
Manganèse métal	1
Ferromanganèse	4
Autres alliages de manganèse	6
Le manganèse dans l'industrie du fer et de l'acier	6
Produits chimiques manganésiens	8
Résumé de la Partie I	10
Renvoi	11
PARTIE II. PRINCIPAUX USAGES DES SOUS-PRODUITS DU MANGANÈSE AU CANADA	12
Minerais et concentrés de manganèse	12
Manganèse métal	12
Ferromanganèse	12
Autres alliages de manganèse	15
Produits chimiques manganésiens	15
Résumé de la Partie II	15

	Page
PARTIE III. SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DU CANADA EN SOUS-PRODUITS DU MANGANÈSE	17
A. Intérieures	17
Minerais et concentrés de manganèse	17
Manganèse métal	17
Ferromanganèse	17
Autres alliages de manganèse	17
Produits chimiques manganésiens	17
B. Étrangères	18
Minerais et concentrés de manganèse	18
Manganèse métal	22
Ferromanganèse	25
Produits chimiques manganésiens	25
Résumé de la Partie III	26
PARTIE IV. CAPACITÉ D'APPROVISIONNEMENT À L'ÉCHELLE MONDIALE	28
Minerais et concentrés de manganèse	28
i) Réserves mondiales	28
ii) Capacité actuelle d'approvisionnement à l'échelle mondiale	28
iii) Production mondiale des dernières années	28
iv) Augmentation de la capacité de production	33
Manganèse métal	33
i) Capacité de production mondiale	33
Ferromanganèse	33
i) Capacité et production mondiales des dernières années	33
ii) Augmentations prévues de la capacité de production mondiale	44

	Page
Produits chimiques manganésiens	44
Résumé de la Partie IV	49
PARTIE V. AUTRES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POSSIBLES	50
Minerais et concentrés de manganèse	50
i) Sources canadiennes possibles	50
ii) Sources étrangères actuelles et éventuelles	56
Manganèse métal	57
i) Production canadienne éventuelle	57
ii) Sources étrangères actuelles et éventuelles	57
Ferromanganèse	57
i) Sources possibles à partir de matières premières canadiennes	57
ii) Sources étrangères actuelles et éventuelles	59
Produits chimiques manganésiens	59
i) Production canadienne possible	59
Résumé de la Partie V	59
Renvois	60
PARTIE VI. SUBSTITUTS ET MESURES D'ÉCONOMIE	63
Minerais et concentrés de manganèse	63
Manganèse métal	63
Ferromanganèse	63
Autres alliages de manganèse	65
Produits chimiques manganésiens	65
Résumé de la Partie VI	65

	Page
PARTIE VII. RÉSUMÉ	67
Utilisations au Canada	67
Approvisionnements mondiaux	67
Sources d'approvisionnement actuelles du Canada	68
Stocks	69
Substituts	69
Sources d'approvisionnement de rechange	70
PARTIE VIII. RECOMMANDATIONS	72

ANNEXES

1	Prix annuels moyens de minerais de manganèse choisis, de 1973 à 1983	74
2	Prix du manganèse métal et de diverses catégories de ferromanganèse et de silicomanganèse, janvier 1984	75
3	Prix de produits chimiques manganésiens choisis, décembre 1983	76
4	Tarifs douaniers canadiens appliqués au produits de manganèse importés	77
5	Minerais et concentrés de manganèse, Examen de la situation de divers pays	78
	Australie	78
	Brésil	78
	Chine	79
	Gabon	79
	Ghana	79
	Grèce	80
	Inde	80
	Mexique	80
	Maroc	80
	République d'Afrique du Sud	80
	U.R.S.S.	81
	États-Unis	82
	Zaïre	83
	Autres pays	83
	Renvois	85

		Page
6	Ferromanganèse, Examen de la situation de divers pays	86
	Australie	86
	Belgique	86
	Brésil	86
	Chine	86
	France	86
	Inde	87
	Italie	87
	Japon	87
	Mexique	87
	Norvège	87
	République d'Afrique du Sud	88
	U.R.S.S.	88
	États-Unis	88
7	Liste sélective de rapports sur le manganèse préparés par Énergie, Mines et Ressources Canada et les organismes qui l'ont précédé	89
8	Bibliographie	90

TABLEAUX

1.	Principaux minéraux composés de manganèse	2
2.	Spécifications classiques du minerai de manganèse	3
3.	Classification normalisée du ferromanganèse et d'autres alliages de manganèse	5
4.	Formules et teneur en manganèse de certains produits chimiques manganésiens	9
5.	Consommation de manganèse au Canada, en 1970 et de 1975 à 1982	13
6.	Importations de manganèse au Canada, 1981 et 1982	19
7.	Principales sources d'approvisionnement du Canada en sous-produits du manganèse	27
8.	Réserves mondiales de manganèse	29
9.	Capacité nominale de production mondiale de manganèse, 1982	29
10.	Principaux producteurs de minerais et de concentrés de manganèse à l'échelle mondiale	30
11.	Production mondiale de minerai de manganèse, par pays, pour certaines années, de 1960 à 1982	31

TABLEAUX (Suite) **Page**

12. Augmentations à l'étude de la capacité de production mondiale de minerai de manganèse en 1984 34

13. Capacité de production mondiale de manganèse métal 35

14. Principales usines de ferromanganèse du monde occidental et de la Chine: capacité estimative 36

15. Production mondiale de ferromanganèse, par pays, de 1979 à 1982 42

16. Production mondiale de silicomanganèse, par pays, de 1979 à 1982 43

17. Production mondiale de fonte spiegel, par pays, de 1979 à 1982 44

18. Augmentations prévues de la capacité de production mondiale de ferromanganèse 45

19. Principales sources de matières manganésiennes de qualité pile, à l'échelle mondiale 46

20. Canada, Production de scories des aciéries et leurs teneurs en oxyde de manganèse 54

A-1 État des stocks de réserve en manganèse, aux États-Unis, au 30 novembre 1983 84

FIGURES

1 Canada, Consommation de ferromanganèse (total des ferromanganèses à teneurs élevée, moyenne, et basse en carbone), de 1960 à 1982, et projection jusqu'en 1990 14

2 Gabon: Exploitation minière de manganèse à Moanda 23

3 Afrique du Sud: Exploitations de manganèse 24

4 Principaux producteurs de minerai de manganèse, 1982 32

5 Principaux producteurs de ferromanganèse, 1982 41

PARTIE I. PRINCIPAUX SOUS-PRODUITS DU MANGANÈSE

Introduction

Le manganèse est un élément constitutif de tous les aciers et fers de fonte. Il joue également des rôles importants dans la production d'alliages non ferreux à base de cuivre et d'aluminium et, comme élément chimique, dans la fabrication de piles sèches et la production d'engrais et de permanganates. L'industrie consomme du manganèse sous plusieurs formes: minerais et concentrés, ferromanganèse, manganèse métal et produits chimiques à base de manganèse.

Minerais et concentrés de manganèse

Le manganèse est présent dans plus de 300 composés minéralogiques naturels. Toutefois, seul un petit nombre d'entre eux (voir le tableau 1) fait l'objet d'une exploitation commerciale destinée à produire du manganèse à grande échelle, en particulier la braunite, qui est un oxysilicate, la rhodochrosite, qui est un carbonate, et la hausmannite, la manganite et la pyrolusite, qui sont des oxydes de manganèse.

Les matériaux manganésifères sont, depuis longtemps, catégorisés en fonction de la teneur en manganèse (voir le tableau 2). Ainsi, les minerais et concentrés commercialisés ont ordinairement une teneur d'au moins 38 %.

La plupart des minerais peuvent servir à plus d'une fin: comme pigments ou oxydants naturels et comme éléments entrant dans la fabrication de produits chimiques, de ferro-alliages, de manganèse métal ou de bioxyde de manganèse synthétique. Certains concentrés de minerai sont suffisamment riches en manganèse et purs pour être utilisés directement comme pigments ou dans la fabrication des piles sèches après n'avoir subi qu'une étape de meulage. Les minerais dits naturels de qualité pile doivent avoir une teneur en bioxyde de manganèse de plus de 75 % et une faible teneur en fer.

Les matériaux servant à la fabrication de ferro-alliages devraient avoir de préférence un rapport manganèse/fer supérieur à 7,5/1, obtenu naturellement ou après mélange, et contenir au plus 0,2 % de phosphore.

Une liste des prix des minerais de manganèse est donnée à l'annexe 1.

Manganèse métal

Comme il est rouverin, le manganèse n'est utilisé d'aucune façon sous forme de métal pur, ni même avec de petites quantités d'autres éléments qui entrent dans la composition d'alliages.

Tableau 1

Principaux minéraux composés de manganèse

Minéral	Formule	Teneur en manganèse (pourcentage de Mn)
Braunite	$3\ Mn_2O_3.MnSiO_3$	50-60
Cryptomélane	$K\ Mn_8O_{16}$	45-60
Hausmannite	Mn_3O_4	72
Jacobsite	$MnFe_2O4$	24
Lithiophorite	$LiMn_3Al_2O_3.3H_2O$	52,9[1]
Manganite	$Mn_2O_3.H_2O$	62,4
Nsutite	MnO_2	59,2[1]
Polianite	MnO_2	63
Psilomélane	$BaMn_9O_{18}.2H_2O$	51,7[1]
Pyrolusite	MnO_2	63,2
Rhodochrosite	$MnCO_3$	48
Rhodonite	$MnSiO_3$	42

Sources: S.A. Weiss, "Manganese - The Other Uses", p. 26; United States, National Materials Advisory Board, "Manganese Reserves and Resources of the World and their Industrial Implications", p. 14.

1 Estimations faites à partir de rapports de formules chimiques des minéraux.

On peut produire du manganèse métal très pur par électrolyse d'une solution de sulphate, ce métal étant vendu sous forme de dépôts de cathode fragmentés appelés "paillettes". Le métal est également produit par voie électrothermique en France et en U.R.S.S., où le manganèse obtenu a des teneurs de plus de 93 % et ne comporte que peu d'impuretés autres que le fer.

Tableau 2

Spécifications classiques du minerai de manganèse

Définitions	Mn (en %)	MnO_2 (en %)	Autres
A. Minerai			
1. Minerai de manganèse	35 et plus		
2. Minerai manganésifère	5 à 35		
a) minerai de manganèse ferrugineux	10 à 35		
b) minerai de fer manganésifère	5[1] à 10		
B. Catégories commerciales			
1. Métallurgique	38 à 55		Mn:Fe 7,5 à 1
2. Chimique	38 à 55		Phosphore au plus 0,2 %
3. Piles (teneur typique)	44,1 à 55,55	70 à 85	

Source: T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines Mineral Commodity Profiles 1983, p. 3.
[1] Dans l'industrie, le seuil d'exploitabilité peut être aussi bas que 2 %.

Le manganèse est incorporé sous ces formes aux coulées d'acier lorsqu'il est essentiel de ne pas y introduire de carbone ou de silicium, tel qu'au cours des dernières étapes de l'affinage de certains aciers inoxydables.

L'industrie des métaux non ferreux utilise le manganèse métal dans la fabrication de bronzes au manganèse dont la teneur en ce métal peut atteindre jusqu'à 4 %. Le manganin et quelques autres alliages à base de cuivre (ou de nickel, ce qui est plus rare) résistant bien à l'électricité peuvent contenir jusqu'à 27 % de manganèse. Sous forme de poudre, il peut servir à enrober des fils à souder et en constituer le noyau; au cours du soudage à l'arc sous flux en poudre, le flux fondu protège le bain de fusion contre l'oxydation par l'atmosphère.

Certains alliages d'aluminium coulés contiennent également jusqu'à 4 % de manganèse. Les alliages forgés peuvent contenir jusqu'à 1,5 % de manganèse, qui sert surtout à empêcher la corrosion. Le métal est ajouté, dans ces cas, sous forme de paillettes électrolytique, de briquettes de poudre de manganèse et d'aluminium comprimée ou de "pépites" dont la teneur en manganèse peut s'élever à plus de 60 %. Le métal utilisé sous ces deux dernières formes est pur.

Des qualités spéciales de manganèse métal, qui peuvent renfermer jusqu'à 6 % d'azote, servent à incorporer ce dernier élément à l'acier, pour alliage.

Le manganèse métal sert également de matière première pour la production de produits chimiques manganésiens très purs, d'agents d'assèchement et de catalyseurs. Une liste des prix du manganèse métal est donnée à l'annexe 1 et une liste des prix des principales qualités, à l'annexe 2.

Ferromanganèse

Environ 95 % de la production mondiale de manganèse est destiné à produire des additifs pour l'industrie des métaux; l'industrie du fer et de l'acier en est, de loin, la plus importante consommatrice. Les aciers ordinaires au carbone, c'est-à-dire uniquement à base de manganèse et de silicium, mobilisent environ 80 % de la production totale de manganèse.

Pour réaliser des alliages de manganèse-fer contenant des quantités variables de carbone ou de silicium (voir le tableau 3), on réduit les minerais au moyen de fours à arc sous flux ou, moins fréquemment, de hauts fourneaux. Même si de nombreux consommateurs industriels croient que le terme "ferromanganèse" ne désigne que les alliages à base de carbone, dans le présent rapport, nous considérerons le silicomanganèse comme ferromanganèse au sens large du terme.

a) Ferromanganèse à l'état normalisé à teneur élevée en carbone. Produit au moyen de four à arc sous flux ou de hauts fourneaux, il renferme de 75 à 80 % de manganèse et 7 % de carbone environ. C'est sous cette forme que l'industrie du fer et de l'acier d'Amérique du Nord consomme au-delà de la moitié de son manganèse, bien que l'évolution de la technologie de l'affinage de l'acier et le contrôle plus strict exercé sur la teneur en carbone lui aient fait perdre la première place aux dépens du ferromanganèse à teneur moyenne en carbone, du silicomanganèse ou du métal à l'état pur.

b) Ferromanganèse à teneur moyenne en carbone. D'une teneur typique en carbone de 1,5 %, cet alliage est réalisé soit en soumettant du ferromanganèse à teneur élevée en carbone à un affinage à l'oxygène ou en soumettant du silicomanganèse à une seconde fusion où l'on ajoutera du minerai oxydé pour oxyder le silicium.

Tableau 3

Classification normalisée du ferromanganèse et d'autres alliages de manganèse

Catégorie	Manganèse	Carbone	Silicium (maximum)	Soufre (maximum)	Phosphore (maximum)
			(en %)[1]		
A. Ferromanganèse					
À l'état normalisé					
A	78-82	7,5	1,2[1]	0,05	0,35
B	76-78	7,5	1,2[1]	0,05	0,35
C	74-76	7,5	1,2[1]	0,05	0,35
À teneur moyenne en carbone					
A	80-85	1,5	1,0[1]	0,02	0,30
B	80-85	1,5	1,5[1]	0,02	0,30
À teneur faible en carbone					
A	85-90	( )[2]	2,0[1]	0,02	0,20
B	80-85	0,75	5,0-7,0[1]	0,02	0,30
B. Silicomanganèse					
A	65-68	1,5	18,5-21,0	0,04	0,20
B	65-68	2,0	16,0-18,5	0,04	0,20
C	65-68	3,0	12,5-16,0	0,04	0,20
C. Spiegel					
A	16-19	6,5	1,0-3,0	0,05	0,08
B	19-21	6,5	1,0-3,0	0,05	0,08
C	21-23	6,5	1,0-3,0	0,05	0,08
D. Ferromanganèse-silicium	63-66	0,08	28,0-32,0	0,05	0,05

Source: G.L. DeHuff, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, "Mineral Facts and Problems, 1975", Bulletin 667, p. 656-7.

[1] Maximum. [2] Tel que précisé; peut avoir l'un ou l'autre des pourcenteges maximums suivants: 0,50, 0,30, 0,15, 0,10 et 0,07.

c) Ferromanganèse à faible teneur en carbone. Une deuxième fusion du silicomanganèse avec du minerai permet d'obtenir ce type de ferromanganèse, pourvu que la charge du fourneau ait une faible teneur en carbone. Le produit contient moins de 2 % de carbone, certaines qualités pouvant même avoir une teneur en carbone d'au plus 0,1 %.

d) Silicomanganèse. Il provient de la fusion à l'arc sous flux du minerai de manganèse auquel on ajoute du quartz, du coke et des tournures de fer; on y ajoute parfois des scories riches en manganèse issues d'autres procédés. Sa teneur typique en silicium varie de 15 à 20 %. Le silicomanganèse est utilisé comme source de manganèse à teneur en carbone modérément faible (de 1,5 à 3 % de carbone), en particulier lorsque le puissant effet désoxydant du silicium et du manganèse réunis est voulu.

e) Silicomanganèse à faible teneur en carbone (ferromanganèse-silicium). Le procédé exposé ci-dessus permet également d'obtenir cet alliage, mais en faisant appel à une plus grande quantité de silice (par exemple du quartz) dans la charge. La teneur en carbone est inversement proportionnelle à la teneur en silicium du produit.

Les prix des principales qualités de ferromanganèse sont indiqués à l'annexe 2.

Autres alliages de manganèse

Le spiegel, qui est un type de fonte en gueuses contenant de 16 à 30 % de manganèse et jusqu'à 6,5 % de carbone, est produit à l'aide de hauts fourneaux. Autrefois important à titre d'additif de désoxydation et de récarbonisation tant dans les convertisseurs Bessemer et les fours à sole que dans les fonderies de fonte, il est maintenant très peu utilisé en Amérique du Nord.

Un alliage manganèse-aluminium contenant plus de 60 % de manganèse est utilisé comme additif dans la composition d'aluminiums à faible teneur en manganèse. Des briquettes faites à partir de poudres de manganèse et d'aluminium (dans une proportion de 3 contre 1) sont également utilisées, mais il s'agit davantage, à proprement parler, d'un mélange que d'un alliage.

Le manganèse dans l'industrie du fer et de l'acier

C'est sous forme d'élément constitutif du fer de haut-fourneau ou à titre d'additif à l'acier dans le fourneau ou la poche de coulée que le manganèse est incorporé aux coulées d'acier. Il joue trois rôles distincts: il désoxyde, il transforme le sulfure et il augmente la résistance.

Les affinités du manganèse avec l'oxygène sont beaucoup plus fortes que celles du fer, aussi le manganèse se combine-t-il avec une certaine partie de l'oxygène présent dans l'acier liquide partiellement

affiné pour former des globules d'oxyde liquide. Cette réaction est plus puissante lorsque du silicium est ajouté au même moment ou peu après, car l'effet désoxydant des deux éléments réunis est fort supérieur à celui de l'un ou l'autre utilisé séparément. Le produit résultant a la forme de gouttelettes de silicate liquide de manganèse et de fer dont la majeure partie est absorbée par la couche de scories. Bien que l'effet désoxydant de ces deux éléments soit très inférieur à celui de l'aluminium, il est essentiel pour maîtriser l'effervescence inhérente aux aciers étamés, bloqués et semi-calmés.

La présence de soufre sous forme de sulfure de fer dans l'acier solidifié en fait un acier "rouverain" (c'est-à-dire fragile à des températures élevées), donc susceptible de se fissurer au cours du laminage et d'autres traitements à chaud. Par contre c'est du sulfure de manganèse qui se forme lorsqu'une quantité suffisante de manganèse est présente dans l'acier solidifié. Bien qu'elles demeurent emprisonnées dans l'acier, ces particules sont beaucoup moins nuisibles que les particules de sulfure de fer. Un rapport manganèse-soufre d'au moins 4/1 est nécessaire, un rapport supérieur à 7,5/1 étant préférable.

Lorsqu'on vise des taux d'usinage élevés, l'addition d'une plus grande quantité de sulfure de manganèse peut être bénéfique d'une part en protégeant les outils tranchants contre l'usure et, d'autre part, en améliorant la finition des surface usinées.

Le manganèse est l'élément d'alliage métallique le plus utilisé en aciérie. L'addition de 0,3 à 1,9 % de manganèse favorise la formation d'une texture perlitique qui augmente la résistance de l'acier à une teneur en carbone donnée. De plus, il augmente la finesse du grain et empêche la formation d'une pellicule de cémentite (Fe_3C) pouvant entraîner une fragilité aux joints des grains au cours du refroidissement d'aciers portés à des températures élevées. Ainsi utilisé, il augmente la résistance de l'acier laminé utilisé sous forme de tôles, de profilés et de pièces de machinerie, et des pièces d'acier coulé. Il donne également de meilleures caractéristiques de ductilité et de ténacité aux aciers à ressort.

Le manganèse améliore la réaction de l'acier au trempage, de sorte que l'effet de durcissement se propage plus loin sous la surface, ce qui permet de durcir de part en part des sections d'acier plus épaisses.

Des recherches visant à améliorer la dureté de l'acier au moyen d'une teneur élevée en manganèse (par exemple de 4 à 6 %) ont été effectuées. On a également étudié la possibilité d'utiliser le manganèse pour fabriquer des aciers cryogénes[1]. Les aciers comportant de 12 à 15 % de manganèse et environ 1,2 % de carbone ont la propriété de durcir en surface sous l'action de coups répétés ou de l'abrasion. Ces aciers au manganèse, appelés Hadfield, se prêtent particulièrement bien aux usages rudes auxquels sont destinés par exemple, les aiguillages de voie ferrée et les surfaces exposées à l'usure des broyeurs et des concasseurs. On retrouve des teneurs en manganèse allant jusqu'à 19 % dans certains aciers non magnétiques et jusqu'à 10 % dans certains aciers inoxydables où le manganèse remplace en partie le nickel, quoique ce dernier type d'acier ne connaisse pas une utilisation très répandue en Amérique du Nord.

La plupart du manganèse utilisé pour la désoxydation et pour la modification de sulfure est incorporé aux coulées d'acier dans le four de fusion sous forme de ferromanganèse à teneur élevée en carbone ou de silicomanganèse. Pour apporter des changements de dernière minute à la teneur en manganèse de l'acier à l'étape de la coulée, on utilise habituellement des produits plus coûteux, soit l'un des ferromanganèses à teneur moyenne ou faible en carbone ou même du manganèse métal.

Aux États-Unis, près de 85 % de la production d'acier des dernières années a pris la forme d'aciers au carbone contenant de 0,25 à 1,65 % de manganèse. Les aciers alliés contenant jusqu'à 1,9 % de manganèse ont représenté quelque 13,5 % de la production, le reste étant constitué d'aciers inoxydables contenant habituellement de 0,3 à 2,0 % de manganèse et, plus rarement, jusqu'à 10 % de manganèse.

Le manganèse est également un élément constitutif des fontes, où sa teneur varie de 0,3 à 1 %. Comme dans l'acier, il sert à empêcher la formation de sulfure de fer et à renforcer la structure en stabilisant la perlite.

Produits chimiques manganésiens

Le secteur des piles et des produits chimiques mobilise quelque 5 % de la consommation totale de minerai de manganèse. Les principaux produits chimiques manganésiens sont le bioxyde de manganèse, l'oxyde manganeux, le sulphate de manganèse et le permanganate de potassium (voir le tableau 4).

En plus de se trouver en qualités et en quantités commerciales à l'état naturel sous forme de pyrolusite, le bioxyde de manganèse peut être produit à partir de matériaux à teneur moins élevée au moyen de plusieurs procédés chimiques.

Tableau 4

Formules et teneur en manganèse de certains produits chimiques manganésiens

		Manganèse %	Principales utilisations finales
Acétate tétrahydraté de manganèse	$Mn(C_2H_3O_2)_2.4H_2O$	25	Catalyseur d'oxydation.
Borate de manganèse			Siccatif pour encre et produit ignifuge.
Carbonate manganeux	$MnCO_3$		À l'état naturel ou intermédiaire, entre dans la fabrication du chlorure de manganèse, du bioxyde de manganèse électrolytique (BME) et du manganèse métal; verre, céramiques et tiges à souder.
Chelates de manganèse			Engrais
Chlorure manganeux	$MnCl_2$		Verre, céramiques et autres produits chimiques
Éthylène bisdithiocarbamat de manganèse (Maneb)	$(CH_2NHCS_2)2Mn$		Fongicide
Bioxyde de manganèse	MnO_2		Métallurgie du manganèse, verre et céramiques, piles primaires
Gluconate de manganèse	$Mn(C_6H_{11}O_7)_2.3H_2O)$		Vitamines
Hypophosphite de manganèse			Agent servant à délustrer le nylon
Naphthénate de manganèse			Additif et siccatif pour peinture
Oxyde de manganèse	MnO		Oligo-éléments pour aliments des animaux et engrais, baguettes de soudure
Phosphate de manganèse	$Mn(H_2PO_4)_2$		Traitement contre la rouille
Résinate de manganèse			Vernis et peintures
Sesquioxide de manganèse	Mn_2O_3	69	Ferrites, semiconducteurs, thermistance et parties électroniques
Sulphate manganeux	$MnSO_4$	27-28	Oligo-éléments pour engrais et autres produits chimiques
Oxide manganoso-manganique	Mn_3O_4	70,6	Verre et céramiques, baguettes de soudure, revêtement, flux décapant, électronique
Tricarbonyle de manganèse méthylcyclopentadiène	$CH_3C_5H_4Mn(CO)_3$		Antidétonant pour l'essence
Permanganate de potassium	$KMnO_4$		Saccharine, oxydant, désinfectant, lutte contre la pollution
Sulfate tribasique de manganèse	$3MnO.MnSO_4$		Oligo-éléments pour engrais

Sources: Equipe de travail, "Manganese Reserves Adequate for Chemical Manufactures: but supplies of battery-active ores are less satisfactory", Industrial Minerals, N° 30,mars 1970, p. 17, S.A. Weiss, "Manganese: The Other Uses".

Le bioxyde de manganèse électrolytique (BME), variété synthétique, est produit par électrolyse de solutions de sulphate de manganèse obtenues par lessivage à l'acide sulfurique de carbonate ou de minerais oxydés réduits.

En plus d'être destiné principalement à la fabrication de piles sèches, le bioxyde de manganèse trouve des applications importantes comme oxydant, par exemple dans la production d'hydroquinone et dans la fabrication de ferrites destinées aux aimants utilisés en électronique.

L'oxyde manganeux, qui est produit à partir d'oxyde de manganèse ou de carbonate, est une importante source d'oligo-éléments de manganèse pour la production d'engrais et d'aliments pour animaux. On le retrouve également comme fondant de fils à souder.

Le sulphate de manganèse, obtenu par dissolution de minerais dans l'acide sulphurique, est un intermédiaire important dans la fabrication du bioxyde de manganèse et du manganèse métal. C'est également une source de manganèse utilisée dans les suppléments alimentaires minéraux et de fongicides tels que le "Maneb".

Le permanganate de potassium, qui est produit à partir du minerai de manganèse et de l'hydroxyde de potassium, est un oxydant industriel important. Il sert à produire de la saccharine et à épurer les eaux.

Les prix de divers produits chimiques manganésiens sont donnés à l'annexe 3.

Résumé de la partie I

L'industrie utilise cinq grands types de produits de manganèse: les minerais et concentrés de manganèse, le manganèse métal, le ferromanganèse, les autres alliages comportant du manganèse et les produits chimiques manganésiens.

Les minerais et concentrés de manganèse de qualité commerciale contiennent au moins 38 % de manganèse. Certains minerais et concentrés à teneur élevée ne nécessitent qu'un meulage comme préparation lorsqu'ils sont destinés à la fabrication de pigments ou de piles.

Le manganèse est essentiel à l'industrie du fer et de l'acier, qui en est de loin la plus grande consommatrice à l'échelle mondiale. Plus de la moitié du manganèse qu'elle utilise lui parvient sous forme de ferromanganèse à teneur élevée en carbone, mais les ferromanganèses à teneur moins élevée en carbone et le silicomanganèse lui sont également utiles. Les aciéristes n'utilisent le métal à l'état pur comme addition que lorsqu'il ne désirent pas que l'acier comporte davantage de carbone ou de silicium.

Le manganèse métal est utilisé dans la production de bronzes et de laitons au manganèse et d'alliages à résistivité électrique à base de cuivre. On l'ajoute également, en plus petites proportions, aux alliages d'aluminium résistant à la corrosion et dans les gaines ou garnitures des fils à souder.

Des produits chimiques manganésiens obtenus à partir de minerais oxydés et de minerais de carbonate sont utilisés comme oxydants dans l'épuration des eaux et la production de l'hydroquinone; dans la fabrication de piles sèches et de fongicides; et, comme sources d'oligo-éléments de manganèse, dans la production d'aliments pour animaux et d'engrais.

Renvoi

1. P.L. Dancoisne, "Spotlight and Manganese", Metals and Materials, juin 1978, p. 18 à 24.

PARTIE II - PRINCIPAUX USAGES DES SOUS-PRODUITS DU MANGANÈSE AU CANADA

Minerais et concentrés de manganèse

La majeure partie des minerais et concentrés de manganèse consommés au Canada sert à produire des ferro-alliages. Certains minerais de qualité élevée (naturels de qualité "pile") servent à la fabrication de piles sèches.

Deux sociétés canadiennes, la Timminco Limitée et l'Elkem Métal Canada Inc., qui possèdent des usines à Beauharnois (Québec), utilisent du minerai de manganèse pour produire du ferromanganèse et(ou) du silicomanganèse.

Du minerai de manganèse est également utilisé comme oxydant dans les ateliers d'extraction électrolytique du zinc de la Zinc électrolitique du Canada Limitée, à Valleyfield (Québec); de la Cominco Ltée., à Trail (Colombie-Britannique); de la Compagnie Minière et Métallurgique de la Baie d'Hudson Limitée, à Flin Flon (Manitoba), et de la Société Minière Kidd Creek Ltée., à Hoyle (Ontario).

La société Duracell Inc., de Mississauga (Ontario), et l'Industrial Battery Division de la société Gould Manufacturing of Canada, Ltd., de Fort Erie (Ontario), fabriquent des piles sèches à partir de minerais de manganèse de qualité pile.

La consommation enregistrée en 1970 et de 1975 à 1982 est exposée au tableau 5. De 1978 à 1982, 98 % de la consommation de manganèse s'est faite sous forme de minerais et concentrés de qualité "métallurgique".

Manganèse métal

Plusieurs sociétés canadiennes utilisent du manganèse métal dans la fabrication d'aciers spéciaux parce que la grande quantité de carbone ou de silicium que d'autres types d'additifs à base de manganèse renferment serait inacceptable. Le principal utilisateur de ce produit de qualité élevée est Atlas Steels division de Rio Algom Limitée, qui fabrique des aciers inoxydables à faible teneur en carbone à ses usines de Tracy (Québec) et de Welland (Ontario), cette dernière produisant également d'autres aciers spéciaux.

L'Aluminium du Canada, Limitée et la Société canadienne de métaux Reynolds limitée utilisent du manganèse métal pour fabriquer certains alliages d'aluminium moulés et ouvrés et la Ingot Metal Co. Limited, de Toronto, en utilise dans la production de lingots de bronze au manganèse.

Ferromanganèse

Toutes les usines sidérurgiques canadiennes utilisent du ferromanganèse comme additif. L'évolution de la consommation nationale est exposée au tableau 5 et illustrée à la figure 1.

Tableau 5

Consommation de manganèse au Canada
en 1970 et de 1975 à 1982

A. Minerai de manganèse

	Consommation		
	Qualité métallurgique	Qualité pile et chimique	Total
	(Tonnes brutes)		
1970	151 692	2 155	153 847
1975	158 556	2 420	160 976
1976	236 411	2 219	238 630
1977	198 115	2 430	200 545
1978	198 560	2 760	201 320
1979	58 587	3 056	61 643
1980	154 347	3 333	157 680
1981	284 607	4 301	288 908
1982	127 451	3 376	130 827

B. Ferromanganèse

	Teneur faible en carbone	Teneur moyenne en carbone	Teneur élevée en carbone	Silico-manganèse	Total
			(Tonnes brutes)		
1970	3 093	6 203	65 398	23 258	97 952
1975	410	10 706	71 819	12 934	95 869
1976	514	8 093	64 417	10 663	83 687
1977	499	6 899	64 902	10 167	82 467
1978	810	4 732	51 032	12 775	69 349
1979	1 203	9 506	56 398	22 322	89 429
1980	526	13 249	58 467	23 554	95 796
1981	505	17 001	47 424	18 956	83 886
1982	1 755	10 409	39 335	17 654	69 153

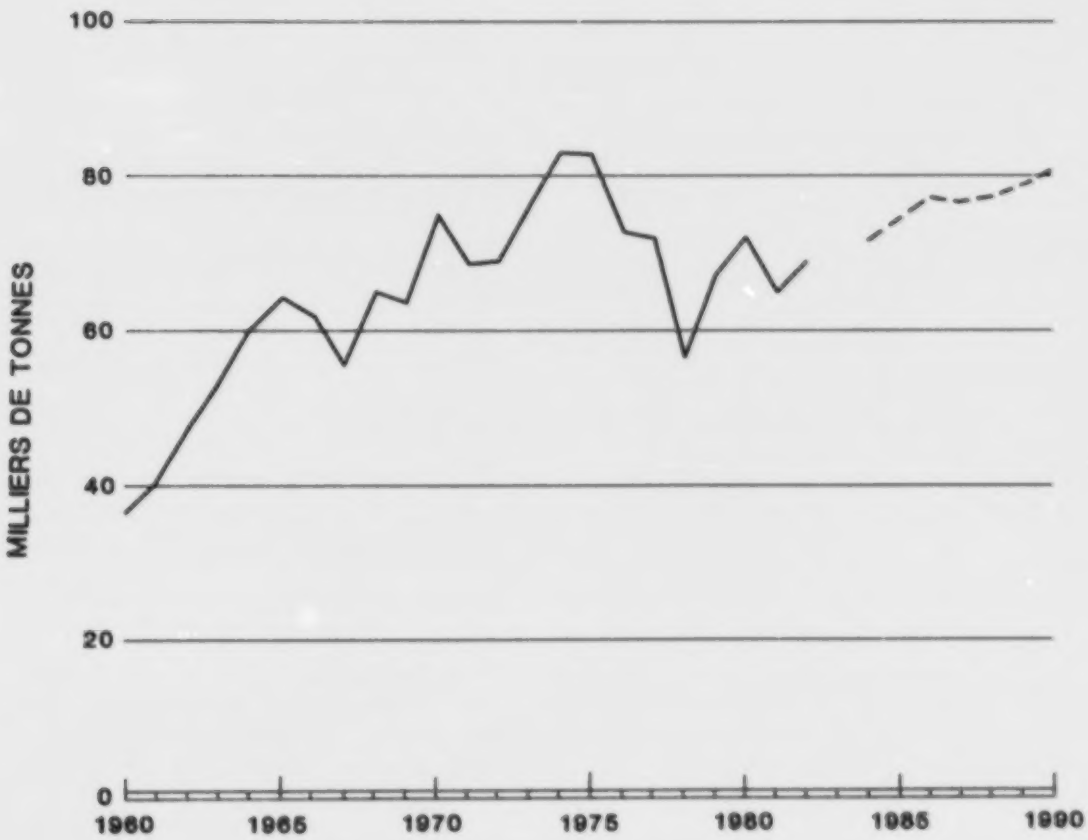
Sources: Énergie, Mines et Ressources Canada et Statistique Canada.
..: non connu.

Les principaux consommateurs de ferromanganèse sont: The Algoma Steel Corporation, Limited, à Sault Ste. Marie (Ontario); Dofasco Inc., à Hamilton (Ontario); Sidbec-Dosco Inc., à Contrecoeur (Québec); Stelco Inc., à Hamilton et Nanticoke (Ontario), et Sydney Steel Corporation, à Sydney (Nouvelle-Écosse).

Au cours des dernières années, le ferromanganèse à teneur élevée en carbone a constitué quelque 58 % du ferromanganèse utilisé au Canada, le silicomanganèse 25 %, et le ferromanganèse à teneur moyenne en carbone quelque 15 %.

FIGURE 1

CANADA, CONSOMMATION DE FERROMANGANÈSE (Total des ferromanganèses à teneurs élevée, moyenne et faible en carbone), DE 1960 à 1982 ET PRÉVISION JUSQU'EN 1990



L'utilisation accrue de l'affinage en poche de coulée ainsi que du traitement dans des convertisseurs A.O.D (décarburation à l'argon et à l'oxygène) fait augmenter la consommation des ferromanganèses pauvres en carbone et du silicomanganèse aux dépens du ferromanganèse riche en carbone.

Des fonderies canadiennes utilisent également du ferromanganèse comme élément d'alliage dans les moulages d'acier et l'acier forgé.

Enfin, le Canada exporte du ferromanganèse et ses exportations entre 1978 et 1982 se sont chiffrées en moyenne à 20 000 tonnes par année.

Autres alliages de manganèse

La Société canadienne de métaux Reynolds limitée utilise des alliages-mères d'aluminium-manganèse pour produire des alliages d'aluminium.

Des alliages de manganèse-cuivre entrent dans la fabrication des manchons de la société Les Chantiers Davie Limitée de Lauzon (Québec) et le bronze au manganèse est l'une des principales matières premières qu'utilise la société Osborne Propellers Ltd, de Vancouver (C.-B.), pour fabriquer des hélices de navire.

Produits chimiques manganésiens

Des fabricants canadiens de piles utilisent du bioxyde de manganèse synthétique pour fabriquer certains types de piles sèches. Le permanganate de potassium est utilisé comme oxydant pour la récupération du cadmium.

Des produits chimiques manganésiens sont utilisés par la Dussek Campbell Ltd, à Belleville (Ontario), dans la fabrication de carboxylates métalliques oléosolubles, par Nuodex Canada Limited, à Toronto, dans la production de siccatifs pour peintures et encres, et par des organismes chargés de la gestion des eaux tels que le Service de la Fonction publique de Halifax (Nouvelle-Écosse) et le ministère de l'Environnement de l'Ontario (à l'usine d'épuration des eaux de Dufferin Creek, Dufferin Creek Water Pollution Control Plant, Pickering) aux fins d'épuration des eaux.

Résumé de la Partie II

Les minerais et concentrés de manganèse importés au Canada servent à produire des ferromanganèses riches en carbone et des silicomanganèses. Cette utilisation est de loin la plus importante qui soit faite de cet élément au Canada et elle revêt une importance cruciale pour l'industrie sidérurgique canadienne. Le Canada ne produit pas de ferromanganèse à teneur moyenne ou faible en carbone.

On utilise également du minerai de manganèse dans la fabrication de piles sèches et, comme oxydant, dans l'extraction électrolytique du zinc au Canada. Les "autres utilisations" de ce genre ne constituent qu'environ 2 % de la consommation de ce minerai au Canada.

On importe du manganèse métal pour produire des aciers spéciaux, des bronzes au manganèse servant à fabriquer du matériel de navigation ainsi que des alliages d'aluminium de résistance supérieure à la corrosion.

Des alliages-mères de manganèse-aluminium sont importés pour fabriquer des alliages d'aluminium-manganèse.

Au Canada, on utilise des produits chimiques manganésiens dans la fabrication de piles sèches, comme matières premières dans la production de peintures, ainsi que dans l'affinage du cadmium et l'épuration des eaux.

PARTIE III. SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DU CANADA EN SOUS-PRODUITS DU MANGANÈSE

A. Intérieures

Minerais et concentrés de manganèse

Il ne se fait actuellement aucune extraction de minerai de manganèse au Canada. C'est en 1957 que la dernière production de ce minerai a été enregistrée, lorsque des concentrés de manganèse ont été expédiés de Woodstock (Nouveau-Brunswick) à Niagara Falls (Ontario), à titre d'essai.

Manganèse métal

Il n'existe aucune usine de manganèse métal au Canada.

Ferromanganèse

Deux sociétés, la Timminco Limitée et l'Elkem Métal Canada Inc., produisent du ferromanganèse à l'état normalisé et du silicomanganèse à Beauharnois (Québec). Leur capacité de production parvient à satisfaire à tous les besoins intérieurs du Canada en ferromanganèse à teneur élevée en carbone et en silicomanganèse.

Le Canada ne compte aucune usine qui produit du ferromanganèse à teneurs faible ou moyenne en carbone.

Autres alliages de manganèse

L'Ingot Metal Limited de Toronto (Ontario), la General Metals Industries Ltd, de Vancouver (Colombie-Britannique), et d'autres sociétés métallurgiques d'importance secondaire produisent des lingots de bronze au manganèse à partir de manganèse métal et de débris de manganèse.

Le Canada ne produit aucun alliage-mère de manganèse-aluminium. Pour produire leurs alliages d'aluminium à base de manganèse, l'Alcan et la Société canadienne de métaux Reynolds limitée ajoutent du manganèse métal ou un alliage-mère de manganèse-aluminium à de l'aluminium métal.

Produits chimiques manganésiens

On ne connaît aucun producteur de produits chimiques manganésiens primaires au Canada. Par contre, des produits chimiques manganésiens secondaires, tels que les carboxylates métalliques solubles dans l'eau produits par la Dussek Campbell Ltd, à Belleville (Ontario), et la Nuodex Canada, Limited, à Toronto (Ontario), peuvent être produits au Canada au cours de la fabrication de produits dont le traitement est plus poussé.

B. Étrangères

Le tableau 6 indique les quantités de sous-produits du manganèse qui auraient été importés au Canada. Les tarifs douaniers canadiens applicables aux divers matériaux manganésifères sont exposés à l'annexe 4.

Minerais et concentrés de manganèse

En 1983, trois pays ont été à l'origine de 92 % (selon la teneur estimative en manganèse) des importations canadiennes: le Gabon (49 %) surtout pour la production de ferro-alliages, mais aussi pour la fabrication de piles sèches, le Brésil (24 %) et l'Afrique du Sud (19 %). Le reste, soit 8 %, nous est parvenu des États-Unis.

Comme les États-Unis ne produisent aucun type de minerai de manganèse, celui qu'ils exportent provient soit des stocks qu'ils ont constitués au moyen d'importations, soit de matériaux tels que des minerais de qualité "pile" qu'ils importent d'autres pays.

Les fournisseurs de manganèse du Canada ont quelque peu changé au cours des cinq dernières années. De 1979 à 1983, le Gabon a fourni 52 % des approvisionnements canadiens, l'Afrique du Sud 23 %, et le Brésil 18 %. En 1982 et en 1983, le Brésil a fourni quelque 26 % du total des importations, remplaçant ainsi l'Afrique du Sud (17 %) au second rang.

Le minerai que la Compagnie Minière de Ogooué extrait de sa mine de Moanda, au Gabon (figure 2), est transporté par tramway aérien jusqu'à M'binda à la République populaire du Congo, pays voisin, puis par la ligne de chemin de fer Congo-Ocean jusqu'à Pointe Noire, sur la côte Atlantique, d'où il est expédié par navire à destination de Beauharnois, au Québec.

En Afrique du Sud, le minerai de manganèse extrait dans la partie nord-ouest du Transvaal parcourt 1 200 km de voie ferrée pour parvenir à Port Elizabeth, sur la côte de l'océan Indien, d'où il est expédié en Amérique du Nord par navire (figure 3).

Au Canada, le niveau des stocks varie d'une société à l'autre. Certaines se réapprovisionnent régulièrement tandis que d'autres préfèrent acquérir d'un seul coup d'énormes quantités de minerai pouvant satisfaire à leurs besoins pendant plusieurs mois. L'industrie dispose, en général, de stocks pouvant satisfaire aux besoins d'au moins un mois.

Tableau 6

Importations de manganèse au Canada, 1981 et 1982

	1981		1982P	
	(tonnes)	(en milliers de dollars)	(tonnes)	(en milliers de dollars)
1. Minerais et concentrés de manganèse[1]				
Gabon	59 076	11 241	37 816	7 508
Brésil	12 468	2 512	19 935	4 023
Afrique du Sud	43 052	5 620	10 746	2 011
États-Unis	5 147	2 194	3 158	1 209
Mexique	4	1	-	-
Total	119 746	21 542	71 655	14 751
2. Manganèse métal				
a) Formes primaires				
Afrique du Sud	9 647	11 931	330	614
Chine	224	333	150	204
États-Unis	291	471	53	98
Japon	75	126	-	-
Allemagne de l'Ouest	5	5	-	-
Total	10 242	12 866	533	917
b) Matériaux fabriqués				
États-Unis	92	111	147	243
Afrique du Sud	36	59	100	154
Allemagne de l'Ouest	-	-	-	-
France	1	1	-	-
Total	129	171	248	398
c) Formes primaires et matériaux fabriqués				
Afrique du Sud	9 684	11 990	430	769
États-Unis	383	582	201	341
République populaire de Chine	224	333	150	204
Japon	75	126	-	-
Allemagne de l'Ouest	4	5	-	-
France	1	1	-	-
Total	10 371	13 037	781	1 314
3. Ferromanganèse, y compris le spiegel[2]				
a) A teneur élevée en carbone				
Afrique du Sud	10 951	4 147	6 520	2 561
États-Unis	1 721	1 228	2 795	1 228
France	-	-	1 270	250
Norvège	1 050	594	200	120
Mexique	170	90	22	11
Total	13 892	6 059	10 807	4 172

Tableau 6. (suite)

	1981		1982P	
	(tonnes)	(en milliers de dollars)	(tonnes)	(en milliers de dolars)
b) A teneur moyenne en carbone				
États-Unis	11 900	13 763	7 120	8 039
Afrique du Sud	5 394	4 167	4 816	3 424
Mexique	41	24	519	422
France	208	193	423	425
Norvège	2 440	2 276	-	-
Total	19 984	20 424	12 879	12 309
c) A teneur faible en carbone				
États-Unis	1 446	2 221	1 267	1 871
Norvège	309	481	-	-
France	83	103	-	-
Mexique	18	12	-	-
Total	1 855	2 817	1 267	1 871
d) Spiegel				
États-Unis	20	19	-	-
Total	20	19	-	-
e) Ferromanganèse, silicium				
États-Unis	908	959	137	104
Total	908	959	137	104
f) Toutes catégories				
États-Unis	15 995	18 190	11 319	11 243
Afrique du Sud	16 344	8 324	11 335	5 985
France	290	296	541	433
Mexique	229	126	200	120
Norvège	3 798	3 551	1 693	675
Total	36 656	30 277	25 088	18 456
g) Silicomanganèse[2]				
Norvège	4 396	1 601	1 537	866
Afrique du Sud	4 563	2 167	960	482
États-Unis	2 476	3 740	380	372
Brésil	1 200	567	-	-
Mexique	34	21	-	-
Total	12 669	8 096	2 877	1 720
4. Alliages de manganèse				
a) Formes primaires				
États-Unis	45	114	84	224
France	2	38	-	-
Total	46	151	84	224

Tableau 6. (suite)

	1981		1982P	
	(tonnes)	(en milliers de dollars)	(tonnes)	(en milliers de dollars)
b) Matériaux fabriqués				
États-Unis	94	248	32	91
Allemagne de l'Ouest	-	-	1	34
Suède	19	21	-	-
Total	113	269	33	125
c) Formes primaires et matériaux fabriqués				
États-Unis	139	362	116	315
Allemagne de l'Ouest	-	-	1	39
France	2	38	-	-
Suède	19	21	-	-
Total	160	420	117	349
5. Groupe des oxydes de manganèse				
a) Oxyde de manganèse, sauf à l'état naturel				
États-Unis	1 285	661	1 930	1 028
Japon	31	59	-	-
Grèce	21	44	-	-
Total	1 337	764	1 930	1 028
b) Hydroxyde de manganèse				
États-Unis	79	84	29	41
Total	79	84	29	41
c) Peroxyde et bioxyde de manganèse				
États-Unis	1 470	1,241	1 613	1,598
Grèce	441	831	420	789
Japon	35	67	101	207
Pays-Bas	4	3	3	2
Grande-Bretagne	-	-	-	-
Total	1 951	2,143	2 137	2,596
6. Autres produits chimiques à base de manganèse				
a) Acétate de manganèse				
États-Unis	15	27	-	-
Total	15	27	-	-
b) Chlorure de manganèse				
États-Unis	92	136	75	121
Allemagne de l'Ouest	36	3	-	-
Total	128	139	75	121
c) Sels et acides inorganiques manganésien non mentionnés ailleurs				
États-Unis	4	27	2	27
France	-	1	1	3
Allemagne de l'Ouest	21	60	-	-
Total	25	88	3	30

Tableau 6. (suite)

	1981		1982P	
	(tonnes)	(en milliers de dollars)	(tonnes)	(en milliers de dollars)
d) Sulphate de manganèse				
États-Unis	843	171	524	101
Allemagne de l'Ouest	48	8	14	2
Grande-Bretagne	-	-	5	1
Chine	21	3	-	-
Total	911	182	544	104
e) Permanganate de potassium				
États-Unis	369	918	328	835
Espagne	-	-	33	61
Royaume-Uni	18	44	-	-
Total	387	962	361	896
7. Engrais à base de manganèse				
a) Manèbe (pesticide formulé)				
États-Unis	432	1,460	477	1 654
Total	432	1,460	477	1 654
b) Manèbe (usage technique)				
États-Unis	18	48	-	-
Total	18	48	-	-

Sources: Énergie, Mines et Ressources Canada et Statistique Canada.
[1] Teneur en Mn; [2] poids brut.
P: préliminaire; -: néant; ..: inconnu

Manganèse métal

Le manganèse métal que le Canada a consommé au cours des dernières années était importé, en majeure partie, d'Afrique du Sud et, dans une moindre mesure, de la République populaire de Chine et des États-Unis, pays qui produit diverses catégories de manganèse métal à partir de matières premières importées.

L'Alcan, le plus gros consommateur de manganèse métal au Canada, maintient ordinairement ses stocks à un niveau correspondant à au moins deux mois d'approvisionnement.

Figure 2

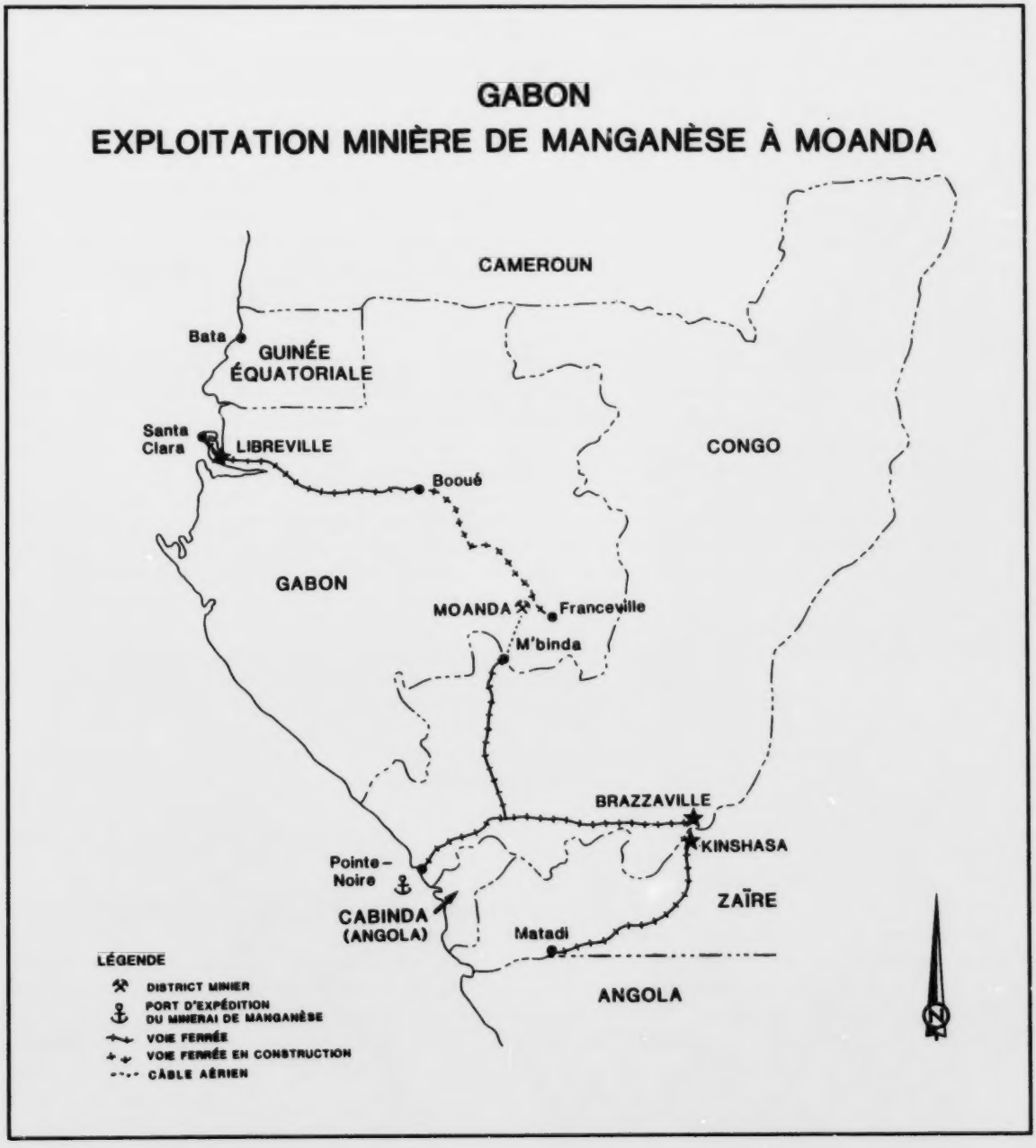
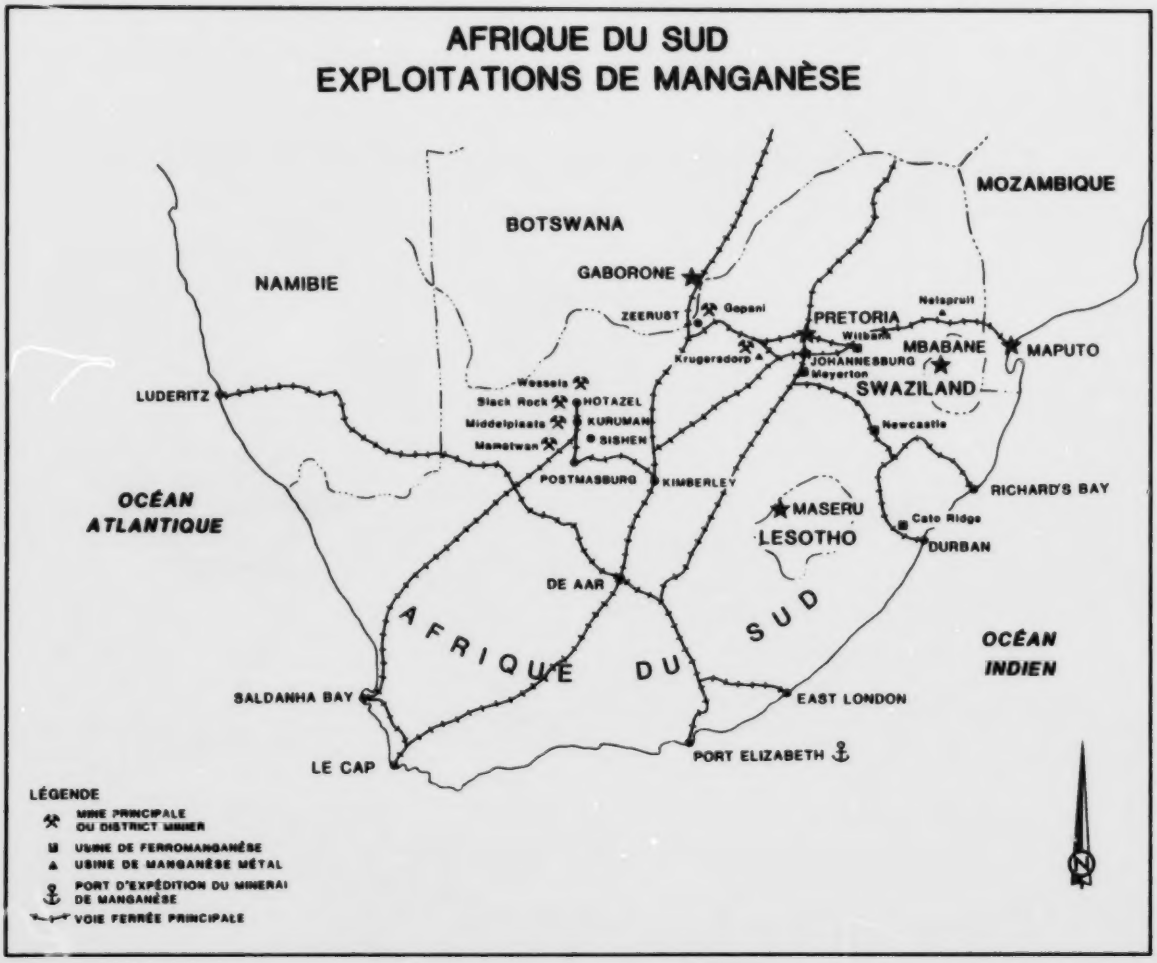

GABON
EXPLOITATION MINIÈRE DE MANGANÈSE À MOANDA
CAMEROUN
Bata
GUINÉE ÉQUATORIALE
Santa Clara
LIBREVILLE
CONGO
Booué
GABON
MOANDA
Franceville
M'binda
BRAZZAVILLE
KINSHASA
Pointe-Noire
CABINDA (ANGOLA)
ZAÏRE
Matadi
ANGOLA
LÉGENDE
DISTRICT MINIER
PORT D'EXPÉDITION DU MINERAI DE MANGANÈSE
VOIE FERRÉE
VOIE FERRÉE EN CONSTRUCTION
CÂBLE AÉRIEN

Figure 3


AFRIQUE DU SUD
EXPLOITATIONS DE MANGANÈSE
MOZAMBIQUE
BOTSWANA
NAMIBIE
GABORONE
ZEERUST
Gopani
PRETORIA
Nelspruit
Wilbank
MBABANE
MAPUTO
Krugersdorp
JOHANNESBURG
Meyerton
SWAZILAND
Wessels
LUDERITZ
Black Rock
HOTAZEL
Middelplaats
KURUMAN
Mamatwan
SISHEN
Newcastle
POSTMASBURG
KIMBERLEY
RICHARD'S BAY
OCÉAN ATLANTIQUE
MASERU
LESOTHO
Cato Ridge
DURBAN
DE AAR
AFRIQUE DU SUD
OCÉAN INDIEN
SALDANHA BAY
EAST LONDON
LE CAP
PORT ELIZABETH
LÉGENDE
MINE PRINCIPALE OU DISTRICT MINIER
USINE DE FERROMANGANÈSE
USINE DE MANGANÈSE MÉTAL
PORT D'EXPÉDITION DU MINERAI DE MANGANÈSE
VOIE FERRÉE PRINCIPALE
N

Par ailleurs, l'Elkem Métal Canada Inc. ne tient qu'un minimum de stocks de métal au Canada, car elle peut s'en faire livrer rapidement par l'Elkem Metals Company, propriétaire d'une usine de manganèse métal aux États-Unis.

Ferromanganèse

Le quart environ du ferromanganèse à teneur élevée en carbone (à l'état normalisé) consommé au Canada est importé et provient, en majeure partie de l'Afrique du Sud. La France, la Norvège et les États-Unis sont d'autres pays fournisseurs importants.

Tous les ferromanganèses à teneur moyenne en carbone et à teneur faible en carbone utilisés au Canada sont importés et proviennent principalement des États-Unis (où ils sont produits à partir de matières premières importées). L'Afrique du Sud, la France, la Norvège et le Mexique en sont d'autres fournisseurs.

La division de la mise en marché de l'Elkem Métal Canada Inc. et les commerçants de métal tels que la Phillip Brothers (Canada) Ltd. s'occupent de l'importation du ferromanganèse.

En pratique, ce sont ces importateurs directs, installés au Canada, qui tiennent les stocks divers de ferromanganèse importé à partir desquels les consommateurs canadiens s'approvisionnent. Le niveau des stocks que les agents des producteurs étrangers de ferromanganèse maintiennent au Canada varie d'une société à l'autre. On estime que ces stocks peuvent satisfaire aux besoins du Canada pendant un mois.

C'est par ces intermédiaires que les consommateurs canadiens s'approvisionnent en ferromanganèse importé; ils ont avec eux des contrats à long terme, des ententes générales d'achat ou des marchés au comptant. Le niveau des stocks des consommateurs varie de l'un à l'autre, selon la quantité et la catégorie de ferromanganèse utilisé. En général, les consommateurs tiennent le moins de stocks possible.

Produits chimiques manganésiens

Presque tous les produits chimiques manganésiens utilisés au Canada sont importés, le plus important fournisseur du Canada étant les États-Unis, pays qui compte au moins quatre grands producteurs de produits chimiques à base de manganèse, soit la Carus Chemical Co., à Lasalle, en Illinois (unique producteur de permanganate de potassium en Amérique du Nord); la Chemetals Incorporated, à Glen Burnie, au Maryland; la Kerr-McGee Chemical Corporation, à Oklahoma City, en Oklahoma; et la Mallinckrodt, Inc. à St. Louis, au Missouri.

D'autres pays approvisionnent également les consommateurs canadiens en divers produits chimiques manganésiens, par exemple, la Chine et l'Espagne (en permanganate de potassium) ainsi que la Grèce et le Japon (en bioxyde de manganèse électrolitique).

Pour se procurer des produits chimiques manganésiens, les consommateurs peuvent s'adresser directement aux producteurs étrangers ou aux importateurs canadiens tels que la Canada Colors and Chemicals Limited, à Toronto, ou la A.S. Patterson Co. Ltd., à Willowdale (Ontario). Les industries consommatrices tiennent des stocks pouvant satisfaire aux besoins de six à douze semaines.

Résumé de la Partie III

Tel qu'indiqué au tableau 7, l'approvisionnement du Canada en produits manganésiens dépend entièrement de ses importations, sauf pour le ferromanganèse à teneur élevée en carbone et le silicomanganèse, fabriqués au Canada à partir de minerai de manganèse importé, et quelques produits chimiques manganésiens secondaires.

De 1979 à 1983, 75 % des minerais et concentrés manganésiens utilisés au Canada étaient d'origine africaine (Gabon, 52 %; Afrique du Sud, 23 %) et 18 % d'origine brésilienne. L'Afrique du Sud est le principal fournisseur de manganèse métal du Canada.

Au besoin, le Canada pourrait satisfaire à tous ses besoins en ferromanganèse et silicomanganèse à teneur élevée en carbone à partir des usines canadiennes actuelles.

Le Canada ne compte aucune source intérieure de ferromanganèse à teneur faible en carbone ou à teneur moyenne en carbone. L'Afrique du Sud est un important fournisseur de ferromanganèse à teneur moyenne en carbone. Les États-Unis, la Norvège et la France nous fournissent des ferromanganèses à faible teneur en carbone, mais aucun d'eux ne compte de sources intérieures de minerais de manganèse.

En général, les industries consommatrices de minerais et de concentrés de manganèse et les fournisseurs de ferromanganèse établis au Canada maintiennent leurs stocks à un niveau correspondant à au moins un mois de consommation.

TABLEAU 7

Principales sources d'approvisionnement du Canada en sous-produits du manganèse

	Intérieure	Étrangères
A. Minerais et concentrés de manganèse	Aucune	Gabon, Afrique du Sud, Brésil et États-Unis (transbordements)
B. Manganèse métal	Aucune	Afrique du Sud, États-Unis et Chine
C. Ferromanganèse		
a) teneur élevée en carbone	Elkem Métal Canada Inc. et Timminco Limitée	Afrique du Sud, États-Unis, France et Norvège
b) teneur moyenne en carbone	Aucune	États-Unis, Afrique du Sud, France, Mexique, et Norvège
c) teneur faible en carbone	Aucune	États-Unis, Norvège et France
d) silicomanganèse	Elkem Métal Canada Inc. et Timminco Limitée	Norvège, Afrique du Sud, États-Unis et Brésil
e) spiegel	Aucune	États-Unis
D. Autres alliages de manganèse		États-Unis, Allemagne de l'Ouest, France, Suède
E. Produits chimiques manganésiens		États-Unis, Grèce, Japon et Espagne

PARTIE IV. CAPACITÉ D'APPROVISIONNEMENT À L'ÉCHELLE MONDIALE

Minerais et concentrés de manganèse

(i) Réserves mondiales

Le tableau 8 indique quelles étaient les réserves mondiales de manganèse en janvier 1983. Les chiffres visent vraisemblablement des matériaux exploitables et raisonnablement bien connus. Selon ces chiffres, quelque 93 % des réserves mondiales sont situées en Afrique du Sud, en U.R.S.S., au Gabon et en Australie.

(ii) Capacité actuelle d'approvisionnement à l'échelle mondiale

La capacité estimative de production de manganèse à l'échelle mondiale est présentée au tableau 9. Ce tableau permet de constater que 34,5 % de la capacité de production mondiale se trouve dans des pays à économie non marchande et 24,7 %, en Afrique du Sud.

Notons que le Gabon possède la plus grande capacité de production de minerai naturel de qualité pile à haute teneur et que l'on s'attend que le Mexique continuera d'accroître sa capacité de produire de cette matière.

Notons également que les réserves de la Défense nationale des États-Unis contiennent des minerais et des concentrés de manganèse de catégories métallurgique, chimique et naturels de qualité pile (voir en annexe le tableau A-1).

(iii) Production mondiale des dernières années

Les principaux producteurs de minerais et de concentrés de manganèse à l'échelle mondiale sont énumérés au tableau 10 et les pays producteurs sont indiqués à la figure 4. La situation de chaque pays est examinée à l'annexe 5 et des statistiques sur la production des dernières années sont présentées au tableau 11. La production de minerais et de concentrés de manganèse est actuellement bien inférieure à la capacité d'approvisionnement.

En 1982, sept pays ont été à l'origine de 95,5 % de la production mondiale de minerai de manganèse: l'U.R.S.S., 41 %; l'Afrique du Sud, 23,2 %; la Chine, 7,1 %; le Gabon, 6,8 %; l'Inde, 6,5 %; le Brésil, 5,8 % et l'Australie, 5 %.

Entre 1960 et 1982, des changements majeurs sont survenus dans l'ordre d'importance des pays producteurs de minerai de manganèse. Au cours de cette période, le pourcentage de la production mondiale de l'Afrique du Sud est passé de 8,8 à 23,2 %, celui du Gabon, de 0 à 6,7 %, et celui de l'Australie de 0,5 à 5 %.

Tableau 8

Réserves mondiales de manganèse

	Milliers de tonnes de teneur en manganèse	(% du total)
Australie	46 800	5,2
Brésil	19 000	2,1
Chine	13 600	1,5
Gabon	99 800	11,0
Ghana	3 600	0,4
Inde	19 500	2,1
Mexique	3 200	0,4
Maroc	500	0,1
Afrique du Sud	369 200	40,7
U.R.S.S.	331 100	36,5
Total[1,2]	907 000	100,0

Source: T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines Mineral Commodity Profiles 1983, p. 8.

[1] Les pays énumérés possèdent la totalité des réserves établies, à 1 ou 2 % près. La Bulgarie, la Hongrie et le Japon sont actuellement les pays producteurs les plus importants parmi les pays non mentionnés. [2] Total arrondi.

Tableau 9

Capacité nominale de production mondiale de manganèse, 1982

Pays	(Milliers de tonnes de teneur en manganèse des minerais et des concentrés par année)	(%)
Australie	1 180	9,9
Brésil	1 220	10,2
Bulgarie	20	0,2
Chili	10	0,1
Chine	500	4,2
Gabon	1 180	9,9
Ghana	140	1,2
Hongrie	40	0,2
Inde	730	6,1
Japon	30	0,3
Mexique	270	2,3
Maroc	80	0,7
Afrique du Sud	2 950	24,7
États-Unis	40	0,3
U.R.S.S.	3 450	28,9
Autres pays	90	0,8
Total mondial	11 900[1]	100,0

Source: T.S. Jones "Manganese", U.S. Bureau of Mines Mineral Commodity Profiles 1983, p. 10.

[1] Total arrondi.

Tableau 10

Principaux producteurs de minerais et de concentrés de manganèse à l'échelle mondiale

Pays	Société	Capacité de production (1984) (tonnes par année)
Australie	Groote Eylandt Mining Co. Pty. Ltd. (GEMCO), Groote Eylandt, Territoire du Nord (groupe Broken Hill Proprietary Co. Ltd.)	2,3 millions de tonnes (minerai)
Brésil	Industria e Comércio de Minérios S.A. (ICOMI), Serra do Navio, Territoire de Amapa, 51 %, Companhia Auxiliar de Empresas de Mineracao, groupe (CAEMI), 49 %.	2,5 millions de tonnes (minerai brut) 1,5 million de tonnes (concentrés)
Chine	Entreprises gouvernementales	
Gabon	Compagnie Minière de l'Ogooué S.A. (COMILOG), mine Moanda, Franceville	2,4 millions de tonnes
Ghana	Ghana National Manganese Corporation, Nsuta (représentant commercial: CAEMI International)	1 100 à 1 500 tonnes/jour, nodules de minerai carbonaté à 50 % de Mn
Grèce	Eleusis Bauxite Mines Mining, Industrial & Shipping Inc., Drama, région est de la Macédoine	Environ 10 000 tonnes (minerai de catégorie pile)
Inde	Manganese Ore (India) Ltd. (MOIL), Nagpur, Maharashtra	Production de 100 000 à 500 000 tonnes
Mexique	Compania Minera Autlán S.A. de C.V., Molango, État de Hidalgo	Capacité de production de la mine: 700 000 tonnes de minerai (projection de 1983); celle de l'usine de nodules d'Ayotetla: 525 000 tonnes
Maroc	S.A. Chérifienne d'Études Minières (SACEM), mine Imini	Production en 1982: quelque 90 000 tonnes. On signale que les réserves de la mine Imini sont presque épuisées.
République d'Afrique du Sud	The Associated Manganese Mines of South Africa Ltd. (groupe Anglo-Transvaal Consolidated Investments Co. Ltd.); mines Nchwaning, Gloria et Black Rock, à Sishen, Province du Cap	4 millions de tonnes (Nchwaning, 2; Gloria, 1; et Black Rock, 1)
	S.A. Manganese Amcor Ltd. (SAMANCOR) (groupe Anglo American Corporation of South Africa Ltd., 35 %); mines Hotazel, Wessels, Hamatwan, et Middelplaats, district de Kuruman, Province du Cap	4,6 millions de tonnes (Hotazel et Wessel: 2; Hamatwan: 1,5; et Middelplaats: 1,1)
U.S.S.R.	Entreprises gouvernementales, complexes miniers Ordzhonikidze et Marganets, à Nikopol, en Ukraine; complexe minier Chiatura, Géorgie.	10 millions de tonnes (1981) - (Ordzhonikdze: 3,2; Marganets: 3,1; et Chiatura: 2,7)

Sources: "1983 Ferro Alloy Manual", The TEX Report Co. Ltd., Tokyo, Japon, et U.S. Bureau of Mines, "Minerals Yearbook", de 1979 à 1982.

Tableau 11

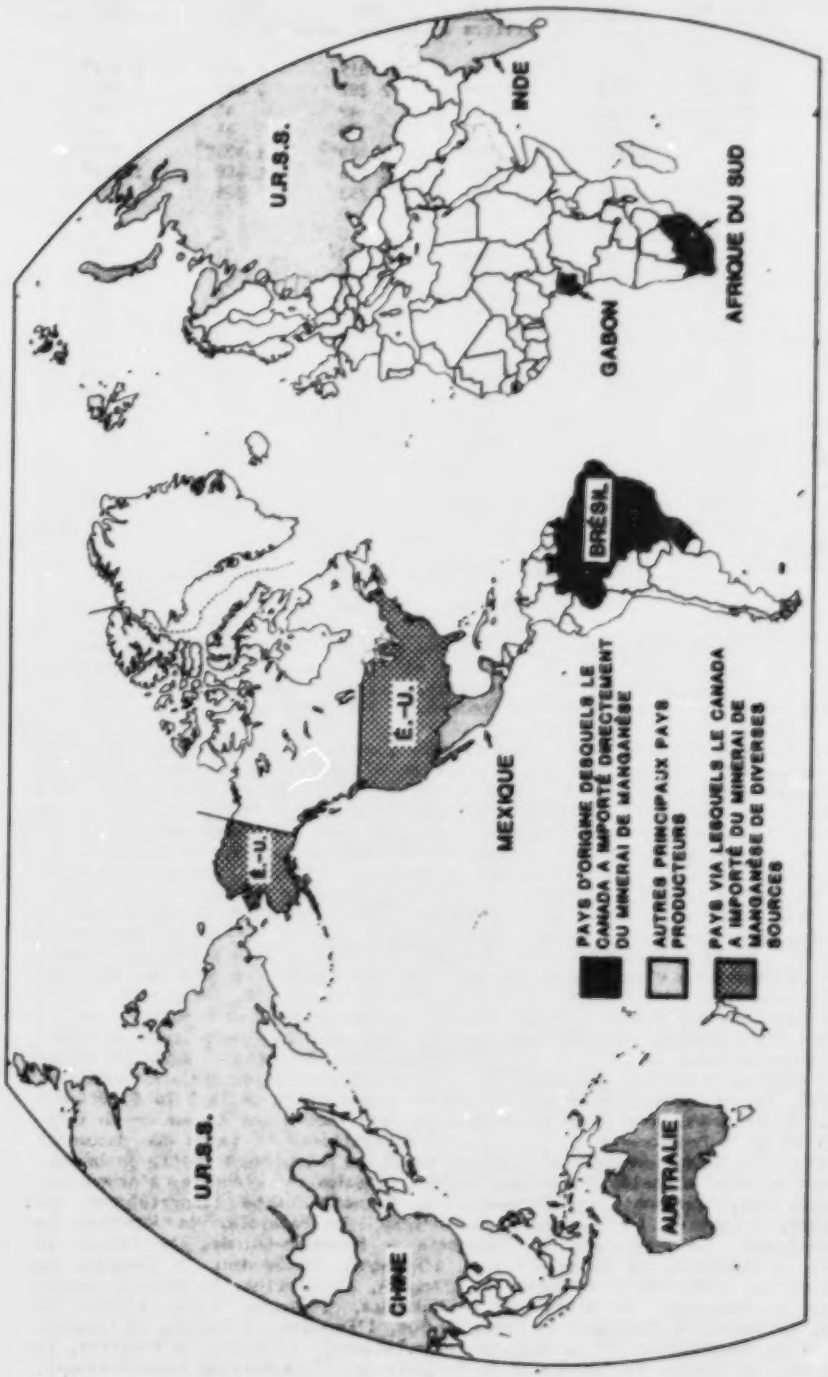
Production mondiale de minerai de manganèse, par pays[1], pour certaines années, de 1960 à 1982[2]

	% de Mn[e]	1960	1970	1980	1981P	1982[e]
		(en milliers de tonnes, masse brute)				
Australie	37-53	62	751	2 019	1 449	1 132[4]
Brésil	38-50	999	1 879	2 282	2 042	1 300
Bulgarie	30-	25	33	49	45	50
Chili	32-36	46	27	28	25	24
Chine	20+	1 200[e]	998[e]	1 588[e5]	1 597[e5]	1 597[e5]
Gabon	50-53	0	1 453	2 146	1 488	1 512[4]
Ghana	30-50	545[6]	405	252	225	132
Grèce	48-50	31	7	5	5	5
Guyane	40-42[3]	125	0	0	0	0
Hongrie	30-33	123	169	83[7]	71[7]	93[7]
Inde	10-54[8]	1 306	1 651	1 646	1 526	1 448[4]
Indonésie	47-56	11	11	5	3	4
Italie	30-	49	51	9[9]	9[9]	9[9]
Côte d'Ivoire	32-47[3]	73	23	0	0	0
Japon	24-28	324	270	80	87	82[4]
Mexique	27+	155	274	447	578	509[4]
Maroc	50-53	483	112	132	110	94[4]
Philippines	35-45	17	5	3	3	3
Afrique du Sud	30-48+	1 194	2 679	5 695	5 033	5 216[4]
Thaïlande	46-50	1	24	54	11	8
États-Unis	35+[3]	73[10]	4[10]	0	0	0
U.R.S.S.	30-33[11]	5 872	6 841	9 752[11]	9 153[11]	9 199[11]
Zaïre	30-57	382	347	16	31	4
Autres pays[e]		502[12]	208[13]	73[14]	46[15]	35[15]
Total mondial[16]						
	XX	13 598	18 222	26 364	23 543	22 456

Sources: G.L. DeHuff, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook, Volume I: 1964, p. 746, et 1972, p. 763 et 764; et T.S. Jones, "Manganese", Minerals Yearbook, U.S. Bureau of Mines 1981, prétirage, p. 2, et 1982, p. 11.
P: préliminaire; e: estimation; ..: inconnu; XX: sans objet.

1 Outre les pays énumérés et les "autres pays à certaines années" (voir les notes 12 à 15 ci-après), d'autres pays ont pu produire du minerai de manganèse et(ou) du minerai manganésifère, soit la Colombie (de 1980 à 1982), Cuba (en 1970 et de 1980 à 1982), Madagascar (en 1960), la Namibie (en 1960 et de 1980 à 1982), et la Suède (en 1960), mais les renseignements disponibles ne permettent pas d'évaluer avec certitude leurs niveaux de production. Voici, en milliers de tonnes, les quantités de minerai à faible teneur non précisées dans le tableau: l'Argentine (teneur en Mn de 16 à 22 %), 1980 - 6, 1981 - 3, 1982 - 2; la Tchécoslovaquie (de 13 à 17 %), 1970 - 100, de 1980 à 1982 - 1 (estimation); l'Égypte, 1960 - 256; la Malaysia (la qualité n'a pas été précisée, mais il s'agit apparemment de minerai ferrugineux manganésifère), 1980 - 4; la Roumanie (environ 22 %), 1970 - 127, de 1980 à 1982 - 82 (estimation); la République d'Afrique du Sud (de 15 à 30 %, outre les matériaux mentionnés dans le tableau), 1970 - 374, et les États-Unis, 1980 - 158, 1981 - 159, 1982 - 29. 2 Le tableau a été dressé à partir des données disponibles au 6 juillet 1983. 3 Estimation faite à partir des chiffres de 1982, sauf pour la Guyane (ceux de 1964), la Côte d'Ivoire (ceux de 1972) et les États-Unis (ceux de 1964). 4 Quantité signalée. 5 Y compris le minerai manganésifère. 6 Exportations (poids sec). 7 Concentré. Avant 1978, les tonnages de minerai brut (d'une teneur en Mn de 18 à 26 %) étaient signalés. 8 Une grande partie de la production de l'Inde a une teneur en Mn inférieure à 35 %. 9 Proviennent de résidus. 10 Expéditions. 11 Selon des documents soviétiques. La teneur consiste en moyennes annuelles calculées à partir de la concentration de métal signalée des masses brutes indiquées. 12 L'Angola, l'Argentine, la Bolivie (exportations), le Botswana, la Birmanie, Cuba (importé par les États-Unis), l'Égypte, l'Éthiopie, Fiji, l'Iran, la Malaysia, la Namibie, la Nouvelle-Zélande, le Pakistan, la Papouasie - Nouvelle-Guinée, le Pérou, le Portugal, la Roumanie, la Corée du Sud, l'Espagne, le Soudan, la Turquie, la Yougoslavie, la Zambie et le Zimbabwe. 14 L'Angola, l'Argentine, la Bolivie (exportations), le Botswana, la Birmanie, la Colombie, l'Égypte, Fiji, l'Iran, le Pakistan, le Pérou, le Portugal, la Corée du Sud, l'Espagne, le Soudan, la Turquie, Vanuatu et la Yougoslavie. 14 La Bolivie (exportations), l'Égypte, le Pakistan, la Corée du Sud, le Soudan, la Turquie et la Yougoslavie. 15 La Bolivie (exportations), l'Égypte, le Pakistan, le Soudan, la Turquie et la Yougoslavie. 16 Totaux arrondis.

FIGURE 4



PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE MINERAI DE MANGANÈSE, 1982

À l'opposé, plusieurs pays producteurs de longue date connaissaient des baisses de production de minerai qui les faisaient passer à une participation inférieure: le Ghana, de 4 à 0,6 %, l'Inde, de 9,6 à 6,5 %; le Maroc, de 3,6 à 0,4 %, et le Zaïre de 2,8 à tout près de 0 %.

(iv) Augmentation de la capacité de production

Les augmentations à l'étude de la capacité de production mondiale de minerai de manganèse en 1984 sont exposées au tableau 12. Notons que le Brésil a commencé à transporter par camion le minerai de manganèse à forte teneur extraite de la nouvelle exploitation minière située dans la région de Carajas.

Manganèse métal

(i) Capacité de production mondiale

Les producteurs de manganèse métal sont énumérés au tableau 13. Quelque 40 % de la capacité de production mondiale de manganèse métal signalée se trouve en Afrique du Sud, qui produit ce métal à partir de minerais de provenance locale.

Les États-Unis (qui possèdent 38 % de la capacité de production mondiale estimative), la France (12 %), le Japon et l'Italie produisent leur manganèse métal à partir de minerais importés.

Ferromanganèse

(i) Capacité et production mondiales des dernières années

Les producteurs mondiaux de ferromanganèse sont énumérés au tableau 14 et indiqués à la figure 5. Un supplément d'information sur les pays producteurs est donné à l'annexe 6 et les chiffres de production signalés de 1979 à 1982 pour les matériaux compris dans le groupe du ferromanganèse sont présentés aux tableaux 15 à 17.

La production mondiale de ferromanganèse n'est pas aussi regroupée que ne l'est celle des minerais et des concentrés. En 1982, les cinq producteurs les plus importants, soit l'U.R.S.S. (27,5 %), le Japon (10,1 %), l'Afrique du Sud (8,3 %), la Chine (7,3 %) et la France (6,3 %), n'ont été à l'origine que de 60 % de la production mondiale de ferromanganèse (80 % quant à la production de minerais de manganèse).

En 1982, la production des pays occidentaux, soit 3 millions de tonnes, équivalait à quelque 40 % de la capacité installée. Quoique la production totale des pays industrialisés représente quand même quelque 30 % de la production mondiale, la participation des producteurs de ferromanganèse des États-Unis et de la Communauté économique européenne n'a cessé de diminuer à l'échelle mondiale au cours de la dernière décennie.

Tableau 12

Augmentations à l'étude de la capacité de production mondiale de minerai de manganèse en 1984

Pays et exploitants	Lieu	Remarques
Australie		
Groote Eylandt Mining Co. Pty. Ltd. (GEMCO)	Groote Eylandt	Un plan prévoyant l'expansion possible de la capacité de production de 2,5 à 3 millions de tonnes par année (en 1982) a été mis en veilleuse en 1984.
Burkina Faso (anciennement la "Haute Volta")		
Gouvernement	Gisement de Tambao	Un plan à l'étude depuis 1975 a été mis en suspens en 1984. La construction d'un chemin de fer de 360 km est préalable à l'exploitation.
La Compagnie Minière de Kiéré (Comiki)	Gisement de Kiéré	Le gisement de minerai est près d'un chemin de fer. Une étude de faisabilité concernant une mine dont lacapacité de production serait de 20 000 à 25 000 tonnes par année est en cours en 1984.
Brésil		
Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)	Igarapé Azul, Carajas	On prévoit une production annuelle initiale de quelque 450 000 tonnes à même un gisement de 40 000 000 tonnes de Mn à 40 %, une fois que le chemin de fer reliant Serra Dos Carajás à Ponta da Madeira, dans l'État de Maranhao, sur la côte, sera achevé. Les exportations seraient restreintes à 25 % de la production. On signale que les plans ont ont été mis en suspens en 1984, mais on a amorcé la production du minerai de qualité pile, qui est actuellement transporté par camion jusqu'au port de Itaqui.
Ghana		
Ghana National Manganese Corporation	Nsuta	La production destinée à l'exportation passera de 300 000 à 450 000 tonnes par année, d'ici le milieu de 1987.
Mexique		
Compania Minera Autlán S.A. de C.V.	Naopa, district de Molango, État de Hidalgo	Des travaux d'expansion de la mine souterraine de Teziutlan, à Puebla, sont projetés. En 1982, on étudiait la possibilité d'établir une nouvelle mine à Naopa.

Sources: "Upper Volta", Mining Annual Review - 1983, p. 421; T.Q. Lyday, "The Mineral Industry of Brazil", U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook 1982, prétirage, p. 17; Équipe de travail: "New Development Highlights", Engineering and Mining Journal International Directory: Mining Activity Digest, Vol. 10, N° 12, 18 mai 1984, p. 2; O. Marino, "The Mineral Industry of Mexico", U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook 1982, prétirage, p. 9; C.R. Tinsley, "Manganese: Bleak Steel Markets Better Ore Prices", Engineering and Mining Journal, Vol. 185, N° 3, mars 1984, p. 57 et 58; et C. Wyche, "The Mineral Industry of Australia", U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook 1982, prétirage, p. 17.

Tableau 13

Capacité de production mondiale de manganèse métal

Pays et Exploitant	Lieu	Capacité (tonnes)
Brésil		
Prometal - Produtos Metalurgicos SA	Sao Paulo	*
Chine	-	*
Tchécoslovaquie		*
Exploitations de manganèse de Banska Bystrica	Banska Bystrica	
France		
SOFREM - Société française d'Électrométallurgie, S.A.	Le Giffre, Haute-Savoie	de type "Gimel Metal", 15 000
Italie		
Salem - SpA Leghe e Metalli, (groupe Amax Inc., États-Unis)	Spigni Monteferrato (Alessandria)	*
Japon		
Chuo Denki Kogyo Co.	Taguchi, préfecture de Niigata	3 600
Toyo Soda Kogyo KK	Hyuga et Yamagata, préfecture de Miyazaki	6 000
Afrique du Sud		
Delta Manganese (Pty.) Ltd.	Nelspruit, Transvaal	34 000 et plus
Emcor - Electrolytic Metal Corp. (Pty.) Ltd.	Krugersdorp, Transvaal	16 790
U.R.S.S.		
Groupe d'usines d'extraction et de métallurgie de Dzhezkazganski	Dzhezdy, Kazakhstan	5 000 (toutes des usines de l'U.R.S.S.)
États-Unis		
Cabot Corporation KBI Division	Henderson Co., Kentucky	alliages-mères d'aluminium-manganèse
Chemetals Inc.	Kingwood, Virginie-Occidentale	15 400
Elkem Metals Company	Marietta, Ohio	10 000
Foote Mineral Company Ferroalloys Division	New Johnsonville, Tennessee	11 000 (fermé temporairement en 1983)
Globe Metallurgical Inc. (Moore McCormack Resources, Inc.)	Beverly, Ohio	métal et briquettes de manganèse-aluminium
Kerr-McGee Chemical Corporation	Hamilton, Mississippi	9 100 (métal) 4 500 (briquettes de manganèse-aluminium)

Sources: N. Connell, (éd.), "World Minor Metals Survey", p. 65 et 66; Diamond Shamrock Corporation, "1976 Annual Report", p. 18; V.W.A. Duke, "Manganese: A Mineral Commodity Review", South Africa, Department of Mines, Minerals Bureau Internal Report n° 53, p. 225 et 231; Roskill Information Services Ltd., "The Economics of Manganese", seconde édition, 1978, p. 150 à 154; et S.A. Weiss, "Manganese: The Other Uses", p. 217 à 219.

*: capacités inconnues.

TABLEAU 14

Principales Usines de ferromanganèse du monde occidental et de la Chine: capacité estimative

Pays	Société et emplacement de l'usine	Ferromanganèse à teneur élevée en carbone	Ferromanganèse à teneur moyenne en carbone	Ferromanganèse à teneur faible en carbone	Silico-manganese	Toutes les catégories (n.m.a.)
Argentine	Electrometalurgica Andina Saic, Chimbas, San Juan	10 000	-	-	2 000	
	Carbometal Saic, province de Mendoza	10 000	-	1 000	-	
	Industrias Siderurgicas Grassi S.A., General San Martin, Malargüe; et El Nihuil et Blanco Encada, Mendoza	20 000	-	-	-	
Australie	Tasmanian Electro Metallurgical Co., Pty., Ltd.; Newcastle, Tasmania	60 000	-	-	35 000	
Belgique	Applications de la Chimie, de l'Électricité et des Métaux (SADACEM) - Division Sadaci, Ghent	150 000	30 000[1]	-	50 000	
Brésil	Alcan Aluminio do Brasil SA, Ouro Preto	10 000	-	-	15 000	
	Companhia Siderurgica Nacional, Lafaiete, Minas Gerais	17 000	-	-	-	
	Companhia Paulista de Ferro-Ligas, Mato Grosso et Minas Gerais	-	44 000	-	17 000	
	Prometal - Produtos Métalurgicos SA, Cumbica, Sao Paulo	-	9 000	600	9 600	
	Sibra - Electrosiderurgica Brasiliera SA, Bahia	90 000	8 000	-	35 000	
Canada	Timminco Limitée, Beauharnois, Québec	25 000	-	-	25 000	
	Elkem Métal Canada Inc., Beauharnois, Québec	65 000	-	-	25 000	
Chili	Carburo y Metalurgia SA, siège social à Santiago	1 000	-	-	1 000	
	Manganesos Atacama SA, siège social à Santiago	4 000	-	-	-	
Chine	Hunan Ferro Alloy Works, Changsha, province de Hunan	10-15 000	-	-	20-30 000	
	Jilin Ferro Alloy Works, province de Jilin	-	15 000[1]	-	50 000	

	Jinzhou Ferro Alloy Works, Jinzhou, province de Liaoning	-	5 000	-	20 000
	Shanghai Ferro Alloy Works, Shanghai	40 000	10 000	-	20 000
	Xinghu Iron and Steel Co., province de Jiangxi	150 000		-	-
France	Bozel Électrométallurgie SA, Le Villard et Château Feuillet, Savoie	-	-	-	*
	Aciéries de Paris et d'Outreau, Boulogne-sur-mer	400 000	-	-	50 000
	Société Nouvelle des Aciéries de Pompey, Pompey	100 000	-	-	-
	SOFREM - Société Française d'Électrométallurgie S.A., Paris	-	-	50 000[1]	10 000
	Compagnie Universelle d'Acétylène et d'Électrométallurgie, Les Clavaux, Isère	30 000	-	-	10 000
Allemagne de l'Ouest	GfE - Gesellschaft für Electrometallurgie mbH, Laufenburg	-	-	35 000[1]	-
	Stahlwerke Peine-Salzgitter AG, Peine	10 000	-	-	-
	Hermann C. Starck, Laufenburg	-	-	*	-
	Thyssen AG, Duisburg	288 000 ou 148 465	- plus	-	- 15 000
Inde	The Dandeli Ferro Alloys (Pvt.) Ltd., Dandeli, Kanara du Nord	12 000	(ou	3 000	+ 6 000)
	Elektrosmelt Ltd., Chandrapur, Maharashtra	50 000	-	-	-
	Ferro-Alloys Corporation Ltd., Shreeramnagar, Andra Pradesh	40 000	-	-	5 000
	Jeypore Sugar Co. Ltd., Rayagada, Orissa	24 000	-	-	-
	Khandelwal Ferro-Alloys, Ltd., Khandelwal, Nagpur, Maharashtra	40 000	-	-	-

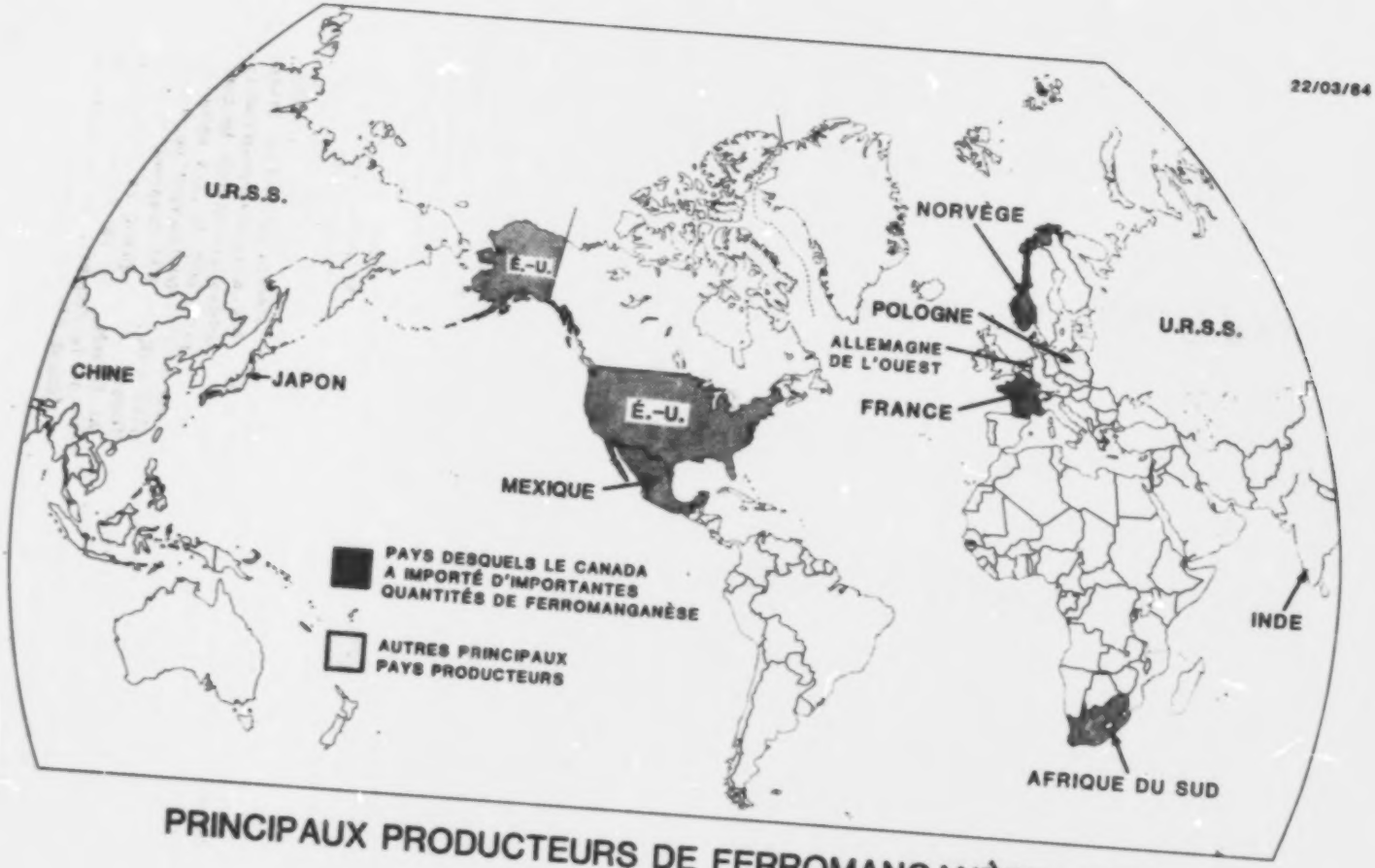
Pays	Société et emplacement de l'usine	Ferromanganèse à teneur élevée en carbone	Ferromanganèse à teneur moyenne en carbone	Ferromanganèse à teneur faible en carbone	Silico-manganese	Toutes les catégories (n.m.a.)
	The Tata Iron & Steel Co. Ltd., Joda, Orissa	30 000	-	-	-	
	Universal Ferro & Allied Chemicals Ltd., Maneck Nagar, Maharashtra	36 000	-	-	-	
	Visvesvaraya Iron & Steel Ltd., Mysore	3 000	-	-	2 000	
Italie	Carlo Tassara Stabilimenti Electro-siderurgici SpA. Breno, Brescia	5 000	15 000	-	4 000	
	Elettrosiderurgica Italiana SpA, Cairo Montenotte	60 000	-	-	-	
	Fucinati SpA, Sellero, Brescia	25 000	-	-	-	
	Italghisa SpA, Bagnolo Mella, Brescia	40 000	-	-	-	
	Italsider SpA, Lovere, Bergamo	-	-	5 000	-	
Japon	Chuo Denki Kogyo Co. Ltd., Kashima et Taguchi	85 000	20 300	-	57 100	
	Japan Metals & Chemicals Co. Ltd., Takaoka et Sakata	159 100	20 200	68 300	152 200	
	Kobe Steel Ltd., Korchi et Kakogawa	61 200	7 800	23 400	56 300	
	Minami Kyushu Kagaku Kogyo KK, Takanabe	-	16 900	-	28 500	
	Mizushima Ferro-Alloy Co., Ltd., Mizushima	142 800	-	-	68 000	
	Nippon Denko KK, Tokushima, Hidaka et Miyako	57 100	36 600	-	141 900	
	Nippon Kokan KK, Toyama et Niigata	102 100	15 300	-	123 800	
	Pacific Metals Co., Ltd., Hachinohe	37 400	-	-	28 500	
	Toyo Denka Kogyo KK, Kochi	-	-	-	11 800	
Mexique	Compania Minera Autlán S.A. de C.V., Tamos	100 000	ou inférieur avec du silicomanganèse		21 000	
	Ferroaleaciones de Mexico SA, Durango	20 000	-	-	-	

Norvège	Elkem A/S, Oslo, Several plants	120 000	10 000	-	50 000
	Sauda Smelteverk A/S, Sauda	170 000	40 000	5 000	60 000
	Tinfos Jernverk A/S, Notodden et Kvineadal	80 000	-	-	110 000
Pérou	Electrometalurgica Nacional SA, Chimbote	3 600	-	-	-
Philippines	Ferro-Chemicals Inc., Mindanao	300	-	-	-
Portugal	Eurominas (Groupement Européen du Manganèse), Setubal	150 000	-	-	-
Afrique du Sud	Feralloys Ltd., Cato Ridge	80 000	-	-	-
	Metalloys Ltd. (SAMANCOR), Meyerton	393 000	-	-	52 000
	Transalloys (Pty), Ltd., Witbank	-	10 000	-	70 000 et plus
Espagne	Sociedad Espanola de Carburos Metalicos SA, Cee, La Coruna	40 000	-	-	20 000
	Sociedad Espanola de Fundiciones Electricas SA, Bilbao	20 000	-	-	-
	Ferroaleaciones y Electrometales SA, Boo, Santander	-	-	10 000	-
	Hidra Nitro Espanola SA, Monzon de Rio Cinca, Huesca	-	-	35 000[1]	45 000
	Siderurgica del Norte SA, Valmaseda, Viscaya	faible	-	-	-
Suède	Airco Alloys AB, Vargön	-	-	-	16 000
Taiwan	Tung Chou Industrial Co. Ltd., Tao Yuan	7 200 teneur élevée et faible	*	*	3 000

Pays	Société et emplacement de l'usine	Ferromanganèse à teneur élevée en carbone	Ferromanganèse à teneur moyenne en carbone	Ferromanganèse à teneur faible en carbone	Silico-manganese	Toutes les catégories (n.m.a.)
Grande-Bretagne	British Steel Corporation, Teesside	80 000	-	-	-	
	Murex Ltd., Rainham, Essex	-	-	300	-	
États-Unis	Autlan Manganese Corporation, Mobile, Alabama	-	-	-	40 000	
	Chemetals Incorporated, Kingwood, Virginie-Occidentale	-	25 000	-	-	
	Globe Metallurgical Inc. (Moore McCormack Resources, Inc.), Beverly, Ohio	-	-	-	-	
	Namco Inc. - North American Metallurgical Corp., Camden, New Jersey	-	•	•	•	
	Ohio Ferro-Alloys Corp., Canton, Ohio	50 000	-	-	20 000	
	Roane Alloys Division, Samancor Metals & Minerals Ltd., Rockwood, Tennessee	144 000	11 000	-	35 000	
	Elkem Metals Company, Alloy, Virginie-Occidentale Marietta, Ohio et Portland, Oregon	•	•	•	•	
	United States Steel Corporation, McKeesport, Pennsylvanie	150 000	-	-	-	
	SKW Alloys Inc., Calvert City, Kentucky	100 000	-	-	-	
Venezuela	Hornos Electricos de Venezuela, S.A., Estado, Bolivar	-	-	-	-	18 000
Yougoslavie	Dalmacija, Dugi Rat, Split	40 000	-	-	5 000	

Sources: J. Parry (Éd.), "Ferro Alloys Survey 1979", Metal Bulletin Ltd., Londres, 1979; "1983 Ferro Alloy Manual", The Tex Report Co. Ltd., Tokyo, Japon; South African Department of Mines, Minerals Bureau, "Manganese: A Mineral Commodity Review", Rapport interne Nº 53, 1979.

*: capacités inconnues; - :sans objet.
1 teneur faible et moyenne en carbone.



PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE FERROMANGANÈSE, 1982

FIGURE 5

Tableau 15

Production mondiale de ferromanganèse[1], par pays[2], de 1979 à 1982

	1979	1980	1981P	1982[e]
	(en milliers de tonnes)			
Argentine	34	24	23	24[3]
Australie[4]	86	94	85[e]	84
Belgique	90	85	90	90
Brésil	133	141	108	121
Bulgarie[5]	28[e]	28[e]	34[e]	34
Canada[5]	41[e]	86[e]	109[e]	105
Chili	5	5	5	5
Chine[e5]	340[e]	354[e]	376[e]	390
Tchécoslovaquie[5]	100[e]	100[e]	100[e]	100
Allemagne de l'Est[5]	80[e]	78[e]	78[e]	78
France	447	480	312	332
Inde	187	162	209	200
Italie	89	83	72	71
Japon	603	569	568	538[3]
Mexique	123	125	131	131
Corée du Nord[5]	65[e]	70[e]	70[e]	70
Norvège	337	287	225	225
Pérou	1[e]	1[e]	1[e]	1
Pologne[5]	179[e]	166[e]	166[e]	166
Portugal[6]	75[e]	74[e]	65[e]	64
Afrique du Sud	560[e]	520[e]	450[e]	440
Corée du Sud	53[7]	54	64	64
Espagne	142	122	96	90
Thaïlande	2	-[8]	-[8]	-[8]
U.R.S.S.[9]	1 460[e]	1 460[e]	1 460[e]	1 460
Royaume-Uni	136	52	84	108[3]
États-Unis	288	171	175	108[3]
Venezuela	1	2	2	2
Allemagne de l'Ouest[5]	263[e]	225[e]	233[e]	219
Yougoslavie	45	34	51	42
Zimbabwe	3[e]	3[e]	2[e]	1
Grand total[10,11,12]	5 997	5 654	5 543	5 313

Source: R.E. Brown, "Ferroalloys", U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook 1982, prétirage, p. 11 à 16.

[1] Le tableau a été dressé à partir des données disponibles au 15 juin 1983. [2] Outre les pays énumérés, la Roumanie produit des ferroalliages au moyen de fours électriques, mais les quantités produites ne sont pas signalées et l'on ne dispose d'aucune base d'évaluation. [3] Production signalée. [4] Données en date du 30 novembre de l'année indiquée. [5] Y compris le silicomanganèse. [6] Les estimations sont basées sur les exportations signalées et sur une estimation de la consommation intérieure. [7] La Corée du Sud a vraisemblablement produit du silicomanganèse de 1979 à 1982; en 1979, sa production de silicomanganèse a probablement été incorporée à celle du ferromanganèse. [8] Moins de 450 tonnes. [9] La production soviétique de ferroalliages obtenus par électrofusion n'est pas signalée; les estimations fournies ont été établies à partir de la production brute de matières premières et de la quantité disponible à la consommation (y compris les estimations) et sur des données fournies concernant le commerce des ferroalliages, y compris des données provenant de pays associés commercialement. [10] Il se peut qu'en raison de l'arrondissement de chaque quantité, la somme soit différente du total indiqué. [11] Comprend la production de spiegel de l'Allemagne de l'Ouest. [12] Comprend la production de silicomanganèse de la Bulgarie, du Canada, de la Chine, de la Tchécoslovaquie, de l'Allemagne de l'Est, de la Hongrie, de la Corée du Nord, de la Pologne et de l'Allemagne de l'Ouest (le cas échéant).

P: données préliminaires; [e]: estimations.

Tableau 16

Production mondiale de silicomanganèse[1], par pays[2], de 1979 à 1982

	1979	1980	1981[P]	1982[e]
	(en milliers de tonnes)			
Argentine	15	12	13	15[e]
Australie[4]	20	18	19[e]	18
Brésil	128	134	142	172
Chili[5]	-	-	-	-
France[6]	13	20	10	10
Inde	5	13	10	10
Italie	54	45	54	53
Japon	299	310	283	269[3]
Mexique	31	31	26	30
Norvège	184	163	198	198
Portugal[7]	15[e]	17[e]	18[e]	17
Afrique du Sud	45[e]	70[e]	50[e]	40
Espagne	119	94	70	87
U.R.S.S.[8]	30[e]	32[e]	32[e]	32
États-Unis	150	171	157	63[3]
Venezuela	1	2	2	2
Yougoslavie	29	33	29	13
Grand total[9,10,11]	1 139	1 165	1 113	1 035

Source: R.E. Brown, idem, pp. 11 à 16.

[1] Le tableau a été dressé à partir des données disponibles au 15 juin 1983. [2] Outre les pays énumérés, la Roumanie produit des ferroalliages obtenus par électrofusion, mais les quantités produites ne sont pas signalées et l'on ne dispose d'aucune base d'évaluation. [3] Production signalée. [4] Données en date du 30 novembre de l'année indiquée. [5] Moins de 450 tonnes. [6] Y compris le silicospiegel. [7] Les estimations ont été établies à partir des exportations signalées et d'une estimation de la consommation intérieure. La production soviétique de ferroalliages obtenus par électrofusion n'est pas signalée. [8] Les estimations fournies ont été établies à partir de la production brute de matières premières et des quantités disponibles à la consommation (estimations comprises) et des données fournies sur le commerce des ferroalliages, y compris des données provenant de pays associés commercialement. [9] Il se peut qu'en raison de l'arrondissement des quantités, la somme soit différente du total indiqué. [10] La production de silicomanganèse de la Bulgarie, du Canada, de la Chine, de la Tchécoslovaquie, de l'Allemagne de l'Est, de la Hongrie, de la Corée du Nord, de la Pologne et de l'Allemagne de l'Ouest (le cas échéant) a été incorporée à celle du ferromanganèse. [11] Y compris la production de silicospiegel de la France.

P: données préliminaires; [e]: estimations.

Tableau 17

Production mondiale de fonte spiegel[1], par pays, de 1979 à 1982

	1979	1980	1981P	1982[e]
	(en milliers de tonnes)			
France	2	0	1	1
Italie	3	5	1	1
Pologne	8	7	7	7
U.R.S.S.	50[e]	50[e]	50[e]	50
Grand total[2]	63	63	59	59

Source: R.E. Brown, idem, p. 11 à 16.
[1] Le tableau a été dressé à partir des données disponibles au 15 juin 1983. [2] données arrondies.
P: données préliminaires; [e]: estimations.

Par contre, on observe maintenant une hausse de production en République populaire de Chine, en Inde et, dans le cas du silicomanganèse, au Brésil.

Les réserves de la Défense nationale des États-Unis contiennent du ferromanganèse à teneurs élevée et moyenne en carbone, du silicomanganèse et du manganèse métal électrolytique (voir l'annexe A-1). Le ferromanganèse à teneur élevée en carbone est la seule de ces matières à l'égard de laquelle ce pays s'est fixé un objectif.

ii) Augmentations prévues de la capacité de production mondiale

Depuis quelques années, la production mondiale de ferromanganèse affiche une tendance à la baisse qui est attribuable, en grande partie, à la récession économique mondiale, mais aussi à des changements technologiques, tels que la désulfuration externe, la coulée continue et la fusion électrique de l'acier, qui ont fait diminuer la demande de ferromanganèse en sidérurgie.

Seules quelques usines de ferromanganèse sont en cours de construction (voir le tableau 18). Il est fort possible que les chances d'en voir construire une au Gabon par la Société Gabonaise des Ferroalliages soient moindres du fait que le Gabon a investi dans les Aciéries de Paris et d'Outreau, dont une usine située à Boulogne-sur-mer, en France, utilise des minerais de manganèse provenant du Gabon.

Produits chimiques manganésiens

Les sources d'approvisionnement en bioxyde de manganèse synthétique à l'échelle mondiale sont énumérées au tableau 19. Le Japon et les États-Unis sont les plus importants producteurs de ces matières qu'ilsproduisent à partir de matières premières importées (entièrement dans le cas des États-Unis et presque entièrement dans le cas du Japon). Notons que des sociétés japonaises possèdent également des filiales en Grèce et en Irlande.

Tableau 18

Augmentations prévues de la capacité de production mondiale de ferromanganèse

Pays et exploitants	Lieu	Remarques
BRÉSIL		
Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)	Projet de Carajas	Une usine de ferromanganèse dont la capacité serait de 150 000 tonnes par année et qui serait approvisionnée à même le gisement Igarapé Azul. Plan mis en suspens en 1984.
GABON		
Société Gabonaise des Ferroalliages	Haut-Ogooué	Un plan prévoyant une production de ferromanganèse de 85 000 t/a et de silicomanganèse de 50 000 t/a a été étudié, mais son exécution doit attendre l'achèvement d'un chemin de fer menant à la mine de COMILOG à Moanda et la construction du barrage et de la centrale hydroélectrique Poubara II.
INDE		
Manganese Ore (India) Ltd. (MOIL)	Balaghat	Un projet prévoyant une production annuelle de 60 000 tonnes de ferromanganèse et de 1 000 tonnes de manganèse métal.

Source: C.R. Tinsley, "Manganese: Bleak Steel Markets: Better Ore Prices", Engineering and Mineral Journal, Vol. 185, N° 3, mars 1984, p. 57 et 58.

Tableau 19

Principales sources de matières manganésiennes de qualité pile, à l'échelle mondiale

Producteur	Capacité (tonnes)	Remarques
A. Minerai naturel de qualité pile		
Gabon		
Compagnie Minière de l'Ogooué (COMILOG) Mine de Moanda	150 000 et plus	83-84 % de MnO_2.
Ghana		
Ghana National Manganese Corporation Mine de Nsuta	15 000	78 % de MnO_2. En 1980, on a signalé que les réserves de minerais de qualité pile ne dureraient que trois autres années.
Grèce		
Eleusis Bauxite Mines Mining, Industrial & Shipping, Inc., Drama	10 000 (Minerais: 30 à 40 % de MnO_2)	Après valorisation: 75 % de MnO_2. La production de minerai pourrait être augmentée à 30 000 tonnes par année.
Mexique		
Compania Minera Autlán S.A. de C.V., gisement de Cerro Prieto, à Nonoalco, en Hidalgo.	30 000	Probablement de 72 à 76 % de MnO_2.
Cia. Minera Buenavista, S.A., régions de Nonoalco et de Molango	*	
Cia. Minera San Martin y Anexas S.A., à Nonoalco	4 000	76 % de MnO_2.
B. Bioxyde de manganèse synthétique		
Belgique		
SEDEMA - Société Européenne des Dérivés du Manganèse, Tertre	18 000	Il serait possible de doubler la capacité des installations de production de BMC.

Tableau 19 (suite)

Producteur	Capacité (tonnes)	Remarques
Bréail		
Cia Nacional de Grafita, S.A. (groupe Union Carbide Corporation, États-Unis)	2 500	Toute la production est utilisée au Brésil.
Chine		
Entreprise nationale	3 000	BME
République d'Irlande		
Mitsui Denman (Ireland) Ltd., Little Island, Co. Cork	12 000	BME
France		
Les Piles Wonder, S.A., Saint-Ouen	4 000	Bioxyde de manganèse activé ou hydraté.
Grèce		
Tekkosha Hellas, Thessaloniki, (Coentreprise Toyo Soda Manufacturing Co. Ltd. et Mitsubishi Corporation, du Japon)	12 000	BME
Inde		
Union Carbide India Ltd., Thana	3 500	Deux autres unités ont une capacité autorisée de 7 500 tonnes par année.
Japon		
Dai-ichi Carbon Co. Ltd., Yokohama	4 000	BME
Mitsui Mining & Smelting Co. Ltd., Takehara	25 000	BME
Toyo Soda Manufacturing Co. Ltd., Yamagata et Hyuga	24 000	BME
Mexique		
Compania Minera Autlán S.A. de C.V., Nonoalco		Une usine de BME était à l'étude en septembre 1983.

Tableau 19 (suite)

Producteur	Capacité (tonnes)	Remarques
Afrique du Sud		
Emcor - Electrolytic Metal Corp. (Pty.) Ltd., Krugersdorp	*	Capacité relativement petite.
Espagne		
CEGASA - Celaya, Emparanza y Galdos SA, Vitoria	3 500	BME
États-Unis		
Chemetals Incorporated, (groupe SEDEMA S.A., Belgique), Baltimore, Maryland	6 000	EMC
ESB Materials Co., (Rayouac Corp.), Covington, Tennessee	6 200	BME
Foote Mineral Company, New Johnsonville, Tennessee	usine pilote	L'objectif visé est une capacité de 5 600 t/a.
Kerr-McGee Chemical Corporation, Henderson, Nevada	12 000	BME. Grâce à la construction d'une nouvelle usine à Hamilton, au Mississippi, la capacité pourrait être accrue à entre 20 000 et 24 000 tonnes par année.
Union Carbide Corporation, Marietta, Ohio	5 000	BME
Allemagne de l'Ouest		
Hoechst AG., Werk Knapsack, Huerth/Köln	6 000	BME

Sources: E. Dickson, "Manganese - Non-Metallic Market Developments", Industrial Minerals, N° 155, août 1980, p. 21 à 29; F.R. Dykstra, "A New Source of Manganese Chemicals", Industrial Minerals, N° 192, septembre 1983, p. 23; T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook 1981, prétirage, 12 p.
BMC: Bioxyde de manganèse chimique; BME: bioxyde de manganèse électrolytique.
*: inconnue.

Le permanganate de potassium n'est produit que par un petit nombre de pays, parmi lesquels il faut noter les États-Unis (par la Carus Chemical Co., à Lasalle, en Illinois), l'Espagne et la République populaire de Chine.

Résumé de la Partie IV

La production mondiale de minerais et de concentrés de manganèse destinés à la fabrication des ferroalliages provient entièrement d'un petit nombre de pays, dont l'U.R.S.S., l'Afrique du Sud, la Chine et le Gabon. La majeure partie des minerais naturels de qualité pile utilisés pour la fabrication des piles sèches provient du Gabon et du Mexique. Les minerais et concentrés de manganèse sont actuellement en surabondance et la plupart des plans prévoyant une hausse de la capacité de production semblent avoir été mis en suspens.

Environ 40 % de la capacité de production mondiale de manganèse métal se trouve en Afrique du Sud, où le métal est produit à partir de minerais d'extraction locale. Les autres grands producteurs de métal, soit la France, le Japon et les États-Unis, dépendent de leurs importations de matières premières manganésifères.

La majeure partie de la capacité de production mondiale de ferromanganèse se trouve en U.R.S.S., au Japon, en Afrique du Sud, en Europe de l'Ouest et aux États-Unis. Il existe une capacité excédentaire de production de ferromanganèse, en particulier aux États-Unis et en Europe de l'Ouest. On a pu observer au cours des dernières années une diminution marquée de la contribution des États-Unis à la production mondiale de ferromanganèse et une augmentation de la contribution de la Chine.

C'est surtout aux États-Unis et au Japon que sont concentrées les usines de produits chimiques manganésiens.

Des diverses matières manganésiennes importées, ce sont les minerais et les concentrés qui revêtent le plus d'importance pour l'économie canadienne, du fait qu'ils sont utilisés au Canada pour la production du ferromanganèse destiné à l'industrie sidérurgique. Il est probable que l'approvisonnement soit interrompu, en particulier en ce qui concerne les matières en provenance de l'Afrique, et il faut s'attendre à ce que de telles interruptions durent des semaines, voire des mois, mais non des années.

PARTIE V. AUTRES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POSSIBLES

Minerais et concentrés de manganèse

i) **Sources canadiennes possibles**

On connaît l'existence, au Canada, d'environ 400 gisements de manganèse importants au point de vue géologique. Toutefois, peu d'entre eux ont fait l'objet d'une étude systématique ou suffisamment détaillée qui permettrait d'en évaluer l'étendue et le potentiel économique.[1]

La plupart des gisements les mieux connus renferment du minerai pauvre et de piètre qualité. En principe, ces gisements pourraient fournir la matière première nécessaire à la production de tous les types de produits de manganèse utilisés au Canada, à l'exception des minerais naturels de qualité pile, mais, jusqu'à maintenant, aucune des technologies mises au point pour l'extraction du manganèse des gisements canadiens ne s'est révélée rentable sur le plan commercial.

Les formations ferrifères primaires qui renferment habituellement entre 10 et 40 % de manganèse, consistent en des associations minérales complexes à grain fin de manganèse, d'oxyde de fer et de carbonate. C'est de ces formations primaires que proviennent les grands gisements à teneur plus élevée - d'où provient une grande partie des approvisionnements mondiaux actuels en minerai de manganèse - par suite d'un enrichissement secondaire.

Le minerai provenant des formations ferrifères est difficile à enrichir, mais certains pays l'utilisent comme source locale de manganèse. Au Canada, les minerais de fer en boulettes et frittés qui ont pour origine certaines formations ferrifères primaires renferment habituellement de 10 à 40 % de manganèse ainsi que du fer.

Des minerais extraits à Wawa (Ontario), en 1983, et aux mines Wabush, au Labrador, ont affiché des teneurs respectives en manganèse de 2,39 % et de 2,0 %. Ce manganèse n'est pas récupéré dans les hauts fourneaux; en fait, sa présence donne lieu à une baisse de prix lors de la négociation des contrats d'achat du minerai de fer.

a) **Woodstock (Nouveau-Brunswick).** On a accordé une grande attention à la possibilité de récupérer des produits de manganèse à partir des gisements de formation ferrifère de Jacksonville, à quelque 6 km au nord-ouest de Woodstock (Nouveau-Brunswick). Six gisements[2,3] soit ceux de Iron Ore Hill, Moody Hill, North Hartford, Plymouth, Sharpe Farm et South Hartford, renferment, selon les estimations, 175 millions de tonnes de minerai contenant en moyenne 13 % de fer et 9 % de manganèse, avec des rapports Fe:Mn allant de 1,5/1,0 à 0,8/1,0.

On y a découvert un gisement manganésifère dont le principal composant minéral est la braunite, un silicate de manganèse, et dont la teneur estimative en Fe est de 22 % et en Mn, de 14 à 16 %. L'ardoise silicifiée,

aussi appelée "minerai gris", dont le principal composant minéral est le carbonate de manganèse (rhodochrosite), renferme en moyenne 16 % de Fe et de 12 à 14 % de Mn.

Selon des rapports, la concession de Plymouth contient 46 462 000 de tonnes de minerai renfermant en moyenne 13,3 % de Fe et 10,9 % de Mn; ce gisement atteint une profondeur de 80 m à son extrémité nord et 152 m à son extrémité sud.[4]

De 1848 à 1884, quelque 64 000 tonnes de minerai de fer manganésifère et de minerai de fer des marais ont été fondues au moyen de hauts fourneaux situés près de Woodstock. La majeure partie des charges d'alimentation de ce haut fourneau provenait du gisement de Iron Ore Hill, et le reste, du gisement de Moody Hill.

Au milieu des années 50, on a tenté de déterminer s'il allait être possible d'appliquer la fusion électrique à la récupération du silicomanganèse et du ferromanganèse de minerais de Woodstock.[5] D'autres essais métallurgiques ont laissé entrevoir la possibilité d'utiliser une méthode de séparation par suspensions denses pour valoriser un mélange d'ardoises rouges et d'hématite manganésifère ("hématite rouge") pour en faire des concentrés de manganèse et de fer à 40 %[6], destinés à servir de charges d'alimentation, tout en récupérant 70 % du manganèse au cours de la concentration proprement dite. Les essais d'enrichissement effectués sur le "minerai gris" ont été négatifs.

Une petite usine de traitement par la méthode de séparation par suspensions denses a été construite à l'emplacement de la mine. Un prototype de four électrique d'une capacité nominale de 45 tonnes de minerai par jour, capable de produire 6 tonnes de ferromanganèse et 6 tonnes de fer à lingot par jour, a été mis en service à Niagara Falls (Ontario) en décembre 1956, ce four a permis de traiter environ 4 080 tonnes de minerai valorisé provenant de Woodstock.

Cette usine expérimentale a été conçue pour produire, en plus du fer, du ferromanganèse-silicium (contenant 18 % de Si, 70 % de Mn et 1,5 % de C), du ferromanganèse à teneur moyenne en carbone (contenant 80 % de Mn, 1,0 % de Si et 1,5 à 2,0 % de C), ou du ferromanganèse à teneur élevée en carbone.[8]

En 1957, l'année où l'on cessa de produire du minerai à la concession de Woodstock, l'extraction et le broyage de 2 800 tonnes de minerai ont permis de produire 1 053 tonnes de concentré contenant 40 % de fer-manganèse, dont 789 tonnes ont été expédiées à Niagara Falls.[9]

L'usine de Niagara Falls avait pour but de vérifier les résultats du procédé appliqué à l'échelle semi-commerciale et d'obtenir des données en vue de la construction, au Nouveau-Brunswick, d'une fonderie à fours électriques ayant une capacité de production initiale de 64 000 tonnes de ferromanganèse et de 54 000 tonnes de fer par année.[10] Cette usine n'a jamais été construite.

Aujourd'hui, il faudrait mettre un ou deux ans pour construire, à Woodstock (Nouveau-Brunswick), une usine de concentrés de manganèse pouvant subvenir à tous les besoins actuels du Canada en charges d'alimentation pour la production du ferromanganèse et du silicomanganèse, mais de telles charges d'alimentation coûteraient au moins deux fois plus cher que les minerais importés.

Depuis les années 50, on a proposé d'autres technologies pour récupérer le manganèse présent dans les gisements de fer-manganèse de Woodstock:

- sous forme de bioxyde de manganèse (avec du zinc métallique) obtenu en faisant griller des schistes argileux manganésifères avec des résidus de pyrite porteurs de zinc et de cuivre qui proviendraient d'une autre mine du Nouveau-Brunswick (Mandate Refining Company et Research and Productivity Council of New Brunswick),[11] par lessivage en procédant à une extraction par solvants en solution aqueuse et en soumettant à l'électrolyse les sulfates de manganèse et de zinc résultants, ce qui produirait du bioxyde de manganèse et du zinc à l'état métallique.[12] L'Union Carbide du Canada Limitée détient les brevets relatifs à cette méthode d'électroextraction simultanée;

- sous forme de ferromanganèse ou de spiegel, en réduisant la matière première avec du carbone réducteur et du carbone combustible dans un cubilot;[13] et

- sous forme de carbure de manganèse, calcinant et sulfatant la matière première, puis en la transformant en hydroxyde et en la carburant à l'état solide.[14]

On a évalué les coûts en capital et les coûts d'exploitation propres à l'application d'un procédé modifié de sulfatation et de neutralisation à la chaux en vue de produire du manganèse métal ou du bioxyde de manganèse.[15] Il importe de noter toutefois que le processus en question est demeuré à l'état théorique, n'ayant jamais été mis à l'essai.

La façon la plus économique de produire du sulfate de manganèse destiné aux charges d'alimentation pour la production de bioxyde de manganèse et de ferromanganèse est potentiellement la réduction par lessivage. Cette méthode n'a toutefois pas encore été appliquée aux matériaux manganésifères bruts d'origine canadienne.

b) **Îles Nastapoka (T.N.-O.)** Une formation ferrifère manganésifère a été découverte aux Îles Nastapoka.[16] Des recherches ont révélé la présence d'une lentille de minerai d'un mètre d'épaisseur contenant en moyenne 27,6 % de Mn et 12,7 % de Fe et s'étendant sur 750 m à l'Île Bélanger. Chandler[17] a signalé une venue de 60 cm d'épaisseur en grande partie composée de rhodochrosite à la base d'une formation ferrifère de 7 m d'épaisseur découverte sur cette île. Le seul échantillon prélevé contenait 32,7 % de Mn et 4,1 % de Fe.

La formation ferrifère, dont une grande partie contient de 0,5 à 5 % de Mn et de 20 à 40 % de Fe, atteint une épaisseur de 80 m. On la retrouve sur de nombreuses îles, où elle est recouverte d'une mince couche rocheuse; elle fait plusieurs dizaines de kilomètres et peut, de ce fait, constituer une vaste réserve de manganèse à faible teneur.

Certaines parties des gisements de minerai de fer canadiens qui ont été formés par suite d'un enrichissement secondaire, tels que les gisements de Steep Rock (Ontario) et des régions de Knob Lake-Schefferville (Québec et Labrador), renferment jusqu'à 12 % de manganèse, dans certains cas.

Au cours des années 50, on a effectué des recherches sur la possibilité de produire du spiegel à partir de matières premières provenant de Steep Rock, de Knob Lake et de Madoc (Ontario) au moyen de la fusion électrique.[18] Un procédé faisant appel à l'action combinée du lessivage et de la carburation à l'état solide pour récupérer du carbure de manganèse à partir de matières premières manganésifères de Steep Rock, d'une teneur de 4,6 %, a fait l'objet d'un rapport en 1980.[19]

c) **Péninsule Avalon (Terre-Neuve).** On retrouve des couches de carbonate, d'ardoise et de schistes manganésifères à 16 endroits le long des côtes des baies Trinité et Conception dans l'Est terre-neuvien[20]. Les couches situées à la surface ou près d'elle renferment des oxydes de manganèse, mais la matière non oxydée consiste principalement en carbonates de manganèse. Des examens limités ont mis en évidence les variations de l'épaisseur et de la teneur en manganèse de ces couches, mais n'ont pu permettre d'évaluer avec précision la quantité ou la qualité des matières disponibles.

Les couches manganésifères peu profondes, d'une épaisseur moyenne de trois mètres, situées dans la région de Manuels et de Killigrews dans la partie littorale sud-est de la baie Conception pourraient renfermer 10 000 000 tonnes de minerai ayant des teneurs moyennes en Mn et Fe d'environ 9 % et 5 % respectivement. Il serait possible de les exploiter à ciel ouvert.

Un gisement renfermant quelques dizaines de milliers de tonnes de minerai et situé au-dessus du niveau de la mer a été découvert à Brigus South Point, du côté ouest de la baie Conception. La zone manganésifère de 4,5 mètres d'épaisseur comprend une couche de 0,5 m dont la teneur en Mn peut atteindre 33 % et en Fe 3,8 %, mais on n'a pas démontré que cette composition est constante. Il se peut que le gisement s'étende sous la baie Conception.

Un essai de très grande envergure effectué en laboratoire a démontré que l'on pourrait produire du silicomanganèse à partir du minerai d'oxyde de manganèse siliceux de la baie Brigus grâce à un procédé de fusion en une seule étape[21].

Tableau 20

Canada, Production de scories des aciéries[1,2] et leurs teneurs en oxyde de manganèse

Nom du producteur et emplacement de l'usine	Tonnage cumulatif des scories (en tonnes)	Production actuelle[2] (en tonnes/année)	Teneur en MnO (%)	Teneur en MnO de la production (en tonnes)	Utilisation actuelle ou moyen d'évacuation
The Algoma Steel Corporation, Limited, Sault-Sainte-Marie, four à oxygène élémentaire		576 000	9,7	56 000	Remblais, en majeure partie
Lake Ontario Steel Company Limited, Whitby (Ontario), four à arc électrique		403 000	6,0	24 000	Construction de routes et remblais
Stelco Inc., Hamilton (Ontario), four à oxygène élémentaire		100 000	6-10	6 000-10 000	Remblais
Stelco Inc., Hamilton (Ontario), four Martin		270 000	8-14	21 000-38 000	Agrégats d'asphalte et remblais
Sydney Steel Corporation, Sydney (Nouvelle-Écosse), four Martin	2 722 000	127 000	5-10	6 000 à 13 000 (plus accumulation de 136 000 à 272 000)	Terrain d'élimination des déchets

Source: R.K. Collinga et S.S.B. Wang, "Ressources de rebuts minéraux du Canada, Rapport nº 7 - Rebuts métallurgiques ferreux", p. 12, 17, 19, 22, 23 et 24.

[1] L'Elkem Métal Canada Inc. posséderait 100 000 tonnes de scories d'oxyde de manganèse à 25 à 35 % à son usine de Beauharnois (Québec). [2] Matières recyclées non comprises.

d) **New Ross (Nouvelle-Écosse).** Environ 1 800 tonnes de minerai de manganèse ont été extraites de veines situées dans le nord-est du comté de Lunenburg, en Nouvelle-Écosse[22]. La largeur de ces veines varie de quelques centimètres à environ 2 mètres et le manganèse de la partie altérée supérieure de la zone de fracture se présente surtout sous forme d'oxydes de manganèse.

Des carottes très pauvres ont été prélevées dans cette zone de fracture, qui présente des conditions d'extraction difficiles. On a effectué peu de forages profond susceptibles de renseigner sur la continuité possible de la zone riche en manganèse, mais selon les recherches géophysiques, la largeur de cette zone de fracture pourrait atteindre 40 m environ à certains endroits.

e) **Sud du Nouveau-Brunswick et île du Cap-Breton (Nouvelle-Écosse).** Plus de 60 gisements de manganèse ont été découverts près de la zone de contact des carrières de calcaire de Windsor et des carrières de grès de la région de Horton, dans le Sud-Est du Nouveau-Brunswick, ainsi qu'au sud du bassin Minas et dans la partie sud de l'île du Cap-Breton, en Nouvelle-Écosse. Des productions allant de quelques tonnes à environ 20 000 tonnes de minerai de manganèse, principalement sous forme d'oxydes, ont été tirées de certains de ces gisements. Il est concevable que d'autres petits gisements d'oxydes de manganèse à teneur élevée soient découverts dans ces régions et que l'on puisse, au besoin, en tirer de petites quantités de manganèse.

f) **Scories des aciéries canadiennes.** Les scories manganésifères sont souvent mentionnées à titre de source possible de produits manganésiens. Le tableau 20 énumère les principales productions de scories manganésifères qui ont été obtenues, une fois les tonnages destinés au recyclage soustraits .

Plusieurs des aciéries primaires recyclent une partie des scories qui se dégagent des fours Martin ou des fours à oxygène élémentaires; la majeure partie du manganèse est récupérée dans des hauts fourneaux. Toutefois, très peu d'aciéries équipées de fours électriques recyclent leurs scories et il ne s'agit encore que de petites quantités. Leurs scories contiennent de 2 à 10 % d'oxyde de manganèse.

Certaines des techniques qui permettent de récupérer du manganèse à partir de minerais à faible teneur permettent également de récupérer du manganèse à partir des scories.[23,24,25,26]

g) **Possibilité de constituter une réserve.** Une réserve de minerais et de concentrés de manganèse constituerait une autre source d'approvisionnement. On estime à 9 millions de dollars le coût d'établissement d'une réserve équivalant à six mois d'importations.

ii) **Sources étrangères actuelles et éventuelles**

En supposant que l'on puisse réaffecter les capacités d'expédition et les wagons de chemin de fer et réduire les attentes des consommateurs quant à la qualité des matières, l'examen des exportations de minerais de manganèse de 1982 et l'étude des capacités de production théoriques semblent indiquer:

- qu'une cessation intégrale des exportations de minerais de qualité ferro-alliage en provenance du Gabon (1 200 000 tonnes par année,[27] dont 100 000 sont de qualité pile) pourrait être compensée, par une augmentation des exportations de l'Afrique du Sud, seule ou avec d'autres pays, ou par l'augmentation des exportations d'un groupement d'autres pays producteurs tels que l'Australie et le Brésil,
- qu'une cessation intégrale des exportations de minerais de qualité alliage de l'Afrique du Sud (2 100 000 tonnes par année) pourrait être compensée par des exportations approchant les capacités respectives du Brésil, de l'Australie, du Gabon et du Mexique; et
- qu'une interruption simultanée des exportations de minerais de manganèse du Gabon et de l'Afrique du Sud aurait pour effet de réduire de quelque 20 % les exportations à l'échelle mondiale, en tenant compte d'une augmentation des exportations par les autres pays producteurs occidentaux. Le Brésil, le Ghana, la Grèce et le Mexique pourraient, en effet, accroître leur production de minerai de qualité pile, mais il est douteux que ces pays pourraient, du moins au début, augmenter de plus de 50 000 tonnes par année l'exportation de cette matière.

Au cours des dernières années, les approvisionnements du Canada en minerais et concentrés de manganèse sont surtout provenus du Gabon (plus de 50 %, la majeure partie destinée à la production de ferro-alliages et une certaine partie à la fabrication de piles), de l'Afrique du Sud (près de 25 %) et du Brésil (près de 20 %). Le reste des importations nous est parvenu de divers pays via les États-Unis.

On s'attend à ce qu'au Brésil le gisement Igarapé Azul, qui est éloigné des centres de production actuels, devienne une importante source d'approvisionnement une fois que la ligne de chemin de fer reliant Carajas à la côte sera achevée.

Notons également l'existence de plusieurs pays producteurs de qui le Canada n'importe pas ou presque de minerai de manganèse; que le Mexique, relié au Canada par voie routière, est un producteur de plus en plus important de minerais et de concentrés de manganèse, y compris de minerais de qualité pile; et que l'Australie, un des principaux fournisseurs à l'échelle mondiale, est une autre source d'approvisionnement éventuelle du Canada.

Manganèse métal

i) Production canadienne éventuelle

Le Canada ne produit pas de manganèse métal. Un rapport de CANMET basé sur un schéma de principe théorique non encore éprouvé procure des estimations de ce que coûterait le traitement de minerais à faible teneur, d'origine canadienne, tel que celui de Woodstock (Nouveau-Brunswick), pour en tirer du manganèse métal[28] et ce rapport semble indiquer que le coût de cette production, à partir du minerai de Woodstock, serait inférieur à celui du métal importé. Au besoin, il serait possible de commencer à produire du métal au bout de 18 mois; toutefois, la production du métal à l'échelle commerciale ne serait pas réalisable avant trois ans.

ii) Sources étrangères actuelles et éventuelles

Peu de pays produisent du manganèse métal. La France, l'Italie, le Japon et les États-Unis, qui en produisent, dépendent de pays étrangers pour obtenir leurs matières premières manganésifères. Actuellement, le Canada obtient la majeure partie de son manganèse métal de l'Afrique du Sud et il en importe des quantités moindres de la République populaire de Chine, des États-Unis et de la France. Il pourrait tenter d'obtenir davantage d'approvisionnement auprès de certains de ses fournisseurs actuels ou s'adresser à d'autres pays, par exemple, au Brésil et au Japon, pour s'approvisionner en métal.

Ferromanganèse

i) Sources possibles à partir de matières premières canadiennes

Si nos importations de minerais et de concentrés de manganèse, de ferromanganèse à teneur élevée en carbone ou de silicomanganèse, devaient s'interrompre pour une quelconque raison, il serait possible (mis à part les frais encourus) de produire du concentré de manganèse à partir de sources intérieures à l'aide de la technologie d'enrichissement actuelle. Des essais exécutés par CANMET pendant les années 40 et 50[29,30,31,32,33] avait indiqué que des techniques d'enrichissement par gravité faisant appel à des cribles et à la séparation en milieu dense pourraient permettre de produire des concentrés à 42 à 52 % de Mn à partir de minerais contenant de 10 à 30 % de Mn. Il serait possible de produire du ferromanganèse à partir de tels concentrés dans les installations actuelles de production de ferromanganèse. Dans certains cas, il serait également possible d'utiliser des techniques de flottation pour produire des concentrés de qualité acceptable.

a) Ferromanganèse à teneur élevée en carbone

Au Canada, les sociétés Elkem Métal Canada Inc. et Timminco Limitée produisent du ferromanganèse à teneur élevée en carbone à partir de minerai de manganèse importé.

Tel qu'indiqué précédemment, les besoins actuels du Canada en matières premières nécessaires à la production du ferromanganèse et du silicomanganèse pourraient être comblés par une usine de concentrés de manganèse que l'on mettrait un an ou deux à construire à Woodstock (Nouveau-Brunswick), mais les charges d'alimentation de cette usine coûteraient au moins deux fois plus cher que les minerais importés.

b) **Ferromanganèse à teneur moyenne en carbone**

Le Canada ne produit pas de ferromanganèse à teneur moyenne en carbone pour des raisons économiques et environnementales (dont la lutte contre la pollution). Ce type de ferromanganèse pourrait toutefois être produit à prix concurrentiel par des usines de ferromanganèse à teneur élevée en carbone déjà en place au Canada; ces usines devraient toutefois se doter du matériel de traitement et de l'équipement d'épuration nécessaires. La conversion des usines durerait de trois à cinq mois.

c) **Ferromanganèse à teneur faible en carbone**

Pour des raisons économiques, le Canada ne produit pas de ferromanganèse à teneur faible en carbone, mais il le pourrait s'il construisait une usine spéciale pouvant s'approvisionner à même la production de silicomanganèse actuelle de l'Elkem Métal Canada Inc. et de la Timminco Limitée. La construction d'une telle usine durerait au moins de huit à douze mois.

d) **Silicomanganèse**

Les sociétés Elkem Métal Canada Inc. et Timminco Limitée produisent actuellement du silicomanganèse à Beauharnois (Québec), à partir de minerais importés et de scories à teneur élevée en manganèse provenant de la production de ferromanganèse à teneur élevée en carbone.

Comme dans le cas du ferromanganèse à teneur élevée en carbone, des matières premières provenant de Woodstock (Nouveau-Brunswick) pourraient être utilisées comme charges d'alimentation pour la production de silicomanganèse en l'espace d'un an ou deux.

Des essais en laboratoire ont révélé qu'il serait possible de produire du silicomanganèse à partir de minerais extraits à Brigus Bay (Terre-Neuve)[34]. On ne connaît toutefois pas complètement l'étendue des gisements de cette région et la qualité des minerais qu'ils renferment.

e) **Possibilité de constituer des réserves**

Des réserves de ferromanganèse à teneurs faible et moyenne en carbone pourraient constituer une autre source éventuelle d'approvisionnement. D'après les données enregistrées au cours des dernières années, le coût de telles réserves pour remplacer les importations pendant six mois est évalué à 6 millions de dollars.

ii) **Sources étrangères actuelles et éventuelles**

Le Canada dépend des États-Unis, de l'Afrique du Sud, de la Norvège, du Mexique et de la France pour s'approvisionner en ferromanganèse à teneurs moyenne et faible en carbone.

D'autres sources éventuelles de ferromanganèse à teneur moyenne en carbone sont le Brésil et le Japon, et en teneur faible en carbone, le Japon, l'Espagne et l'Allemagne de l'Ouest.

Produits chimiques manganésiens

i) **Production canadienne possible**

Le Canada est importateur de produits chimiques manganésiens et la plupart de ses importations proviennent des États-Unis. Les coûts liés à la production du bioxyde de manganèse électrolytique à partir de matières premières à faible teneur, d'origine canadienne, telles que celles de Woodstock (Nouveau-Brunswick), ont été exposés dans un rapport préparé par CANMET.[35]

Ce rapport, qui n'est basé que sur un schéma de principe théorique, laisse supposer qu'il serait possible de produire du bioxyde de manganèse synthétique à un coût inférieur à celui des importations. Il faudrait au moins trois ans pour parvenir à une production d'ordre commercial. Toutefois, il serait possible de réduire ce délai à 18 mois en cas d'urgence.

Résumé de la Partie V

Les consommateurs canadiens de produits composés de manganèse ne sont certainement pas limités à leurs sources d'approvisionnement actuelles. En effet, n'importe lequel de ces produits pourrait être obtenu à partir d'autres sources actuelles et éventuelles.

Les minerais et concentrés de manganèse pourraient être importés de nouveaux fournisseurs tels que l'Australie ou le Mexique. Nous disposons de la technologie voulue pour produire des concentrés de manganèse à partir des gisements de Woodstock (Nouveau-Brunswick), mais la construction du concentrateur nécessaire durerait un à deux ans et les concentrés qu'il produirait coûteraient au moins deux fois plus que les minerais et les concentrés actuellement importés.

Le Canada pourrait importer du manganèse métal en plus grande quantité des États-Unis, de la France et du Japon, quoique ces pays dépendent de leurs importations de minerais de manganèse pour produire du manganèse métal. Une autre solution serait de produire du manganèse métal dans l'Est du Canada. Il faudrait mettre trois ans pour construire une usine de catégorie commerciale, mais sa production de métal serait d'un coût concurrentiel.

Du ferromanganèse à teneur élevée en carbone pourrait être produit à partir de concentrés de manganèse provenant de Woodstock, mais ces concentrés coûteraient au moins deux fois plus que les concentrés importés et les installations ne seraient pas mises en service avant un an ou deux.

Du ferromaganèse à teneur moyenne en carbone pourrait être importé du Brésil ou du Japon; il serait également possible d'en produire au Canada au moyen d'installations dont la construction prendrait de trois à cinq mois.

Du ferromanganèse à teneur faible en carbone pourrait être importé du Japon, de la France et de l'Allemagne de l'Ouest, en tant que fournisseurs de rechange (dont la production provient de minerais importés). Au Canada, la construction d'une usine pouvant produire ce type de ferromanganèse à partir de ferromanganèse à teneur élevée en carbone d'origine canadienne prendrait de huit à douze mois.

La construction, au Canada, d'une usine pouvant produire du bioxyde de manganèse synthétique à partir de matières premières provenant de Woodstock (Nouveau-Brunswick) permettrait de remplacer les importations. Cette entreprise commerciale, qui serait susceptible de produire un jour aussi du manganèse métal, pourrait être mise en service en trois ans et serait peut-être en mesure de produire à un coût inférieur à celui des importations.

Renvois

1. A.G. Johnston et W.D. McCartney, "Manganese Occurrences in Canada", Commission géologique du Canada, Rapport 64-37, 1965, 63 p.

2. F.D. Anderson, "Woodstock, Millville, and Coldstream Map-areas, Carleton and York Counties, New Brunswick", Commission géologique du Canada, Mémoire 353, 1968, 69 p.

3. K.D.J. Sidwell, "The Woodstock, N.B., Iron-Manganese Deposits", Transactions de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, Vol. 60, 1957, p. 231 à 236.

4. K.D.J. Sidwell, op. cit., p. 414.

5. R.A. Campbell, G.E. Viens et R.R. Rogers, "Experimental Electric Smelting of Manganese Ores", Transactions de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, Vol. LIX, avril 1956, p. 174 à 180.

6. C. Monture, "Woodstock Manganese Ores: Occurrences and Treatment", Canadian Mining Journal, avril 1957, p. 119.

7. Nouveau-Brunswick, Ministère des Terres et des Mines, Rapport annuel, pour l'année se terminant le 31 mars 1957, p. 100.

8. C. Monture, op. cit.

9. Nouveau-Brunswick, Ministère des Terres et des Mines, Rapport annuel, 1958, p. 102.

10. R.J. Jones, "Manganèse", "The Canadian Mineral Industry 1957", Ministère des Mines et des Relevés techniques, Rapport sur les minéraux n^{o} 2, p. 143.

11. Communication personnelle adressée à G.M. Ritcey, CANMET.

12. G.M. Ritcey et B.H. Lucas, "Purification of Manganese Solutions Containing Copper and Zinc by Liquid-Liquid Extraction Using Di - (2-ethylhexyl) Phosphoric Acid", Canadian Metallurgical Quaterly, Vol. 10, n^{o} 3, 1971, p. 223 à 228.

13. J.E. Rehder, "Spiegel of Ferromangenese from a Cupola", Canadien Metallurgical Quaterly, Vol. 19, n^{o} 4, oct. - déc. 1981, p. 419.

14. H.G. Brandstatter et I.J. Itzkovitch, "A New Approach for Making Ferroalloys", Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 19, n^{o} 4, oct. - déc. 1981, pp. 409 à 418.

15. J. Palmer, "Les techniques possibles pour exploiter les ressources de manganèse au Canada", Rapport de CANMET, MRP/OTT 83-03, 1983, 58 p.

16. R. Bell, "Report on an Exploration of the East Coast of Hudson's Bay", Commission géologique du Canada, Report of Progress for 1877-78, 1879, p. 1c à 37c.

17. F.W. Chandler, "The Structure of the Ritchmond Gulf Graben and the Geological Environments of Lead-zinc Mineralization and of Iron-manganese Formation in the Nastapoka Group, Richmond Gulf area, New Quebec-Northwest Territories", Recherche en cours, Partie A, Commission géologique du Canada, Rapport 82-1A, 1982, p. 1 à 10.

18. R.A. Campbell, G.E. Viens et R.R. Rogers, op. cit.

19. H.G. Brandstatter et I.J. Itzkovitch, op. cit., p. 411 à 417.

20. W.D. McCartney, "Whitbourne Map Area, Newfoundland", Commission géologique du Canada, Mémoire 341, 1967, p. 103 à 115.

21. R.A. Campbell, G.E. Viens et R.R. Rogers, op. cit., p. 278 à 280.

22. L.J. Weeks, "Manganese, New Ross", Nouvelle-Écosse, Ministère des Mines, Annual Report on Mines, 1945, p. 135 à 166.

23. R.C. Buehl, M.B. Royer et J.P. Morris, "The Recovery of Manganese from Open-Hearth Slags and Low-Grade Ores by Smelting and Selective Oxidation", U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations, 6596, 1965, 33 p.

24. J.E. Rehder, op. cit.

25. H.G. Brandstatter et I.J. Itzkovitch, op. cit.

26. J. Palmer, op. cit.

27. T.D. Ellison, "Le Manganèse", Revue annuelle des minéraux, 1983, p. 69.

28. J. Palmer, op. cit.

29. "Preliminary Test on a Manganese Ore From Salmon River, Guysborough County, submitted by J.E. Dawe, Mulgrave, Nova Scotia", Rapport de la Direction des mines, Mineral Dressing and Process Metallurgy Division, Test Report No. 674-OD, 21 sept. 1954, 7 p.

30. "The Concentration of Manganese Ore from Grindstone Island, Magdalen Islands, Quebec", Rapport de la Direction des mines, Ore Dressing and Metallurgical Laboratories Investigation, 987, 8 avril 1941, 17 p.

31. "Gravity and Flotation Concentration of Manganese Ores from the Sussex Manganese Company Limited, Sussex, N.B.", Rapport de la Direction des mines, Ore Dressing and Metallurgical Laboratories Investigation, 1091, 12 sept. 1941, 14 p.

32. "Gravity Concentration of Manganese Ore from E.W. Haddock, Williams Lake, B.C.", Rapport de la Direction des mines, Ore Dressing and Metallurgical Laboratories Investigation, 1136, 26 décembre 1941, 7 p.

33. "Sink-and-Float Test on a Sample of Manganese Ore from Brigus, Newfoundland", Rapport de la Direction des mines, Ore Dressing and Metallurgical Laboratories Investigation, 1511, 7 octobre 1943, 7 p.

34. R.A. Campbell, G.E. Viens et R.R. Rogers, op. cit., p. 278 à 280.

35. J. Palmer, op. cit.

PARTIE VI. SUBSTITUTS ET MESURES D'ÉCONOMIE

Minerais et concentrés de manganèse

Le coût relativement bas du manganèse n'a certes pas encouragé la recherche de substituts. D'autres éléments pourraient jouer certains des rôles du manganèse, mais des recherches poussées seraient nécessaires pour concevoir de nouveaux types d'acier et les coûts du produit initial seraient beaucoup plus élevés.

On ne connaît actuellement aucun substitut pratique au manganèse utilisé dans la production de l'acier. Du silicomanganèse peut être fabriqué à partir de scories manganésifères à forte teneur.

On n'a pas encore tenté d'utiliser au Canada des scories manganésifères à faible teneur pour produire du ferromanganèse. Le coût unitaire élevé anticipé du manganèse récupéré et la nécessité d'enlever des impuretés telles que le phosphore sont des empêchements majeurs à l'utilisation de ces scories.

Les piles sèches peuvent être fabriquées aussi bien avec du minerai naturel de qualité pile qu'avec du bioxyde de manganèse synthétique, lui-même produit à partir de minerais et de concentrés de manganèse.

Manganèse métal

On ne connaît aucun substitut au manganèse métal pur utilisé comme addition au cours des dernières étapes de la coulée de l'acier inoxydable à faible teneur en carbone et d'autres aciers fortement alliés. Nul doute que les aciéristes ont déjà exploité toutes les façons possibles de remplacer économiquement le manganèse métal par du ferromanganèse à teneur faible en carbone.

L'industrie de l'aluminium pourrait remplacer le manganèse métal pur par un alliage-mère ou des briquettes faites de poudres d'aluminium et de manganèse mélangées, mais ces éléments sont eux-mêmes produits à partir du manganèse métal pur.

Notons que le bioxyde de manganèse pourrait remplacer le métal dans certaines des utilisations qu'en fait l'industrie de l'aluminium.

Ferromanganèse

Tous les aciers et fontes contiennent du manganèse qui leur a été incorporé principalement sous forme de ferromanganèse à teneur variée en carbone. L'utilisation du ferromanganèse à teneur faible en carbone est nécessaire lorsqu'il faut réduire au mininum les additions de carbone pour des raisons techniques. D'autres utilisations s'accommodant du ferromanganèse à teneur élevée en carbone permettent d'utiliser divers manganèses à teneur faible en carbone, mais ces derniers sont plus coûteux.

Aucun autre élément ne parviendrait seul à remplacer le manganèse dans toutes ses applications. On peut toutefois lui trouver des substituts possibles dans les utilisations suivantes:

a) **Pour la désoxydation:**

Dans l'affinage de l'acier, le manganèse est ajouté au cours des premières étapes de la désoxydation en raison de son effet modéré. Le silicium, dont la réactivité est quelque peu supérieure, est ajouté peu de temps après. L'aluminium, qui est de loin le désoxygénant le plus efficace, est ajouté à la dernière étape, le but étant de réduire le plus possible la teneur en oxygène. A défaut de manganèse, du silicium (sous forme de ferrosilicium) pourrait être utilisé seul au cours des premières étapes de l'affinage, ce qui nécessiterait de modifier les procédés d'affinage de manière à pouvoir maintenir le contrôle voulu et à garantir la qualité du produit. Notons que le manganèse ne peut pas être remplacé par de l'aluminium.

b) **Pour la modification du sulfure:**

Ajouté aux coulées d'acier, le manganèse se mélange avec le soufre et en réduit au minimum l'effet nocif sur l'acier laminé. Les aciers bruts produits dans les usines d'acier classiques pouvaient contenir jusqu'à 0,05 % de soufre, teneur à laquelle seul le manganèse pouvait modifier le soufre de façon satisfaisante, mais les procédés d'affinage modernes permettent de produire des aciers bruts à 0,01 % de soufre et l'on a déjà commencé à utiliser couramment d'autres éléments tels le calcium, les métaux terreux rares, le titanium ou le zirconium pour modifier le sulfure à cette teneur. De tels substituts ne peuvent toutefois être utilisés que par des aciéries disposant de la technologie nécessaire pour obtenir une teneur en soufre aussi peu élevée. Notons également que la quantité de manganèse ainsi remplacée est minime.

c) **Comme élément d'alliage, principalement pour l'amélioration de la dureté:**

Aucun élément ne comporte un ensemble de propriétés qui puisse aussi bien favoriser la formation de perlite, supprimer la cémentite aux joints des grains et améliorer la dureté que le manganèse. Pour éliminer ou au moins réduire l'utilisation du manganèse dans la fabrication d'alliages, il serait nécessaire d'effectuer des recherches poussées pour réaliser des types d'aciers entièrement nouveaux, aussi bien peu alliés que très alliés. Des éléments tels que le chrome, le nickel, le molybdène et le vanadium pourraient satisfaire à divers besoins, mais dans l'état actuel des connaissances, leur utilisation entraînerait une hausse de coût considérable. De plus, le chrome et le vanadium sont également importés d'Afrique du Sud et il se peut que l'approvisionnement en ces deux éléments soit interrompu au même titre que l'approvisionnement en manganèse.

En résumé, les substitutions possibles ne nous seraient pas d'un grand secours s'il survenait une pénurie de ferromanganèse.

Il serait possible de réduire nos besoins en ferromanganèse en recyclant davantage de scories et en élaborant une nouvelle technologie qui permettrait d'utiliser moins de ferromanganèse en sidérurgie. Certains procédés d'aciérie conçus récemment permettent de réduire l'oxydation du manganèse et la quantité de manganèse perdue dans les scories, mais la quantité de manganèse ainsi économisée n'est pas appréciable.

Même si les procédés modernes d'affinage réduisent la quantité de manganèse nécessaire pour se combiner avec le soufre résiduel, la quantité de manganèse économisée est relativement petite.

Du manganèse "secondaire" est déjà récupéré par des aciéries intégrées où l'on charge dans les hauts fourneaux certaines scories provenant de la production d'acier. Par contre, très peu de scories sont réutilisées avec les fours à arc, car les fours de ce type ne sont pas conçus pour les charges à circulation élevée de matériaux producteurs de scories. La teneur en oxyde de manganèse de ces scories est trop faible pour que leur transport jusqu'aux hauts fourneaux soit rentable. De plus, l'utilisation de certains types de scories risquerait de ramener dans le haut fourneau du phosphore qui entrerait en contact avec le fer.

On croit que la récupération du manganèse présent dans les rebuts de fer et d'acier ne représente ultimement qu'une petite partie de la quantité de manganèse nécessaire, en raison des pertes dues à l'oxydation dans les hauts fourneaux ou des pertes qui surviennent au cours de la fonte et de la décarburation dans les fours électriques.

Autres alliages de manganèse

Des bronzes de nickel-aluminium à environ 1,5 % de manganèse ont commencé à remplacer le bronze de manganèse à 4 % dans certaines utilisations qu'en fait l'industrie navale.

Produits chimiques manganésiens

Des produits chimiques autres que le permanganate de potassium pourraient être utilisés comme oxydants. Certains matériaux pourraient remplacer le fongicide "Maneb" utilisé par les producteurs de pommes de terre, mais il serait nécessaire d'utiliser de nouveaux programmes d'épandage.

Résumé de la Partie VI

On ne connaît aucun substitut possible au manganèse métal ajouté vers la fin aux coulées d'acier inoxydable à teneur faible en carbone et d'aciers très alliés. Par contre, le bioxyde de manganèse pourrait lui être substitué dans certaines utilisations qu'en fait l'industrie de l'aluminium.

Le ferromanganèse peut avoir diverses teneurs en carbone. Les ferromaganèses à teneur faible en carbone (et le manganèse métal), qui sont plus coûteux, pourraient être substitués aux ferromanganèses qui ont une teneur élevée en carbone et un degré de pureté moindre, mais l'inverse n'est pas possible lorsqu'une teneur faible en carbone est nécessaire pour des raisons techniques.

Le manganèse, qui est ajouté aux coulées d'acier surtout sous forme de ferromanganèse, joue trois rôles dans la fabrication de l'acier: i) il désoxyde, ii) il modifie le sulfure et, iii), il augmente la dureté.

Même si aucun autre élément ne peut à lui seul remplacer le manganèse dans tous ces rôles, on sait que:

- le silicium (sous forme de ferrosilicium) peut le remplacer comme désoxydant;

- le calcium, les métaux terreux rares, le titanium ou le zirconium peuvent être utilisés comme modificateur de sulfure au lieu du manganèse par des usines disposant de la technologie moderne nécessaire à la production d'acier à teneur faible en soufre; et

- des combinaisons de chrome, de nickel, de molybdène ou de vanadium pourraient remplacer le manganèse utilisé comme durcisseur. Il reste toutefois à effectuer d'autres recherches dans ce domaine.

Vu que le ferromanganèse est facile à obtenir et que son coût est bas comparativement à celui des substituts, peu d'efforts ont été déployés en métallurgie en vue de le remplacer ou de l'économiser.

D'autres produits chimiques pourraient remplacer le permanganate de potassium dans le domaine de l'épuration des eaux. Le fongicide "Maneb" utlisé par les producteurs de pommes de terre pourrait être remplacé, mais de nouveaux programmes d'épandage devraient être élaborés.

PARTIE VII. RÉSUMÉ

Utilisations au Canada

L'industrie canadienne utilise le manganèse sous les formes suivantes:

i) les minerais et les concentrés de manganèse,
ii) le manganèse métal,
iii) le ferromanganèse (y compris le silicomanganèse),
iv) d'autres alliages de manganèse et
v) les produits chimiques manganésiens

Au Canada, des minerais et des concentrés de manganèse entrent dans la production du ferromanganèse à teneur élevée en carbone (à l'état normalisé) et du silicomanganèse, et l'on y utilise des minerais de qualité pile pour fabriquer des piles sèches.

Le manganèse métal est utilisé comme élément d'alliage dans la production d'aciers très alliés, d'alliages d'aluminium et d'alliages de zinc.

Le ferromanganèse (y compris le silicomanganèse), de loin le plus important des matériaux manganésiens au point de vue de l'économie nationale, est utilisé dans la fabrication de l'acier à titre d'élément d'alliage et d'agent d'épuration capable d'épuiser, dans l'acier fondu, le soufre et l'oxygène indésirables qui pourraient rendre l'acier cassant.

D'autres alliages de manganèse sont utilisés en petites quantités dans la fabrication d'alliages d'aluminium.

Au Canada, c'est le secteur de la fabrication des piles sèches, où le bioxyde de manganèse synthétique peut remplacer le minerai naturel de qualité pile, qui est le plus important consommateur de produits chimiques manganésiens. Ces produits jouent également un rôle important dans la fabrication des tiges à souder et la production des alliages à base de magnésium, d'aliments pour bétail, d'engrais et de fongicides. Le permanganate de potassium est utilisé dans le domaine de l'épuration des eaux.

Approvisionnements mondiaux

La production mondiale de minerais et de concentrés de manganèse, actuellement surabondante, provient d'un petit groupe de pays, soit l'U.R.S.S., la République de l'Afrique du Sud, la République populaire de Chine et le Gabon. Les minerais naturels de qualité pile proviennent surtout du Gabon (60 % de la production mondiale) et du Mexique.

Quelque 40 % de la capacité de production mondiale de manganèse métal se trouve en Afrique du Sud et 38 %, aux États-Unis, qui produisent le métal à partir de matières premières importées. Les approvisionnements de manganèse métal sont actuellement très élevés.

La majeure partie de la capacité de production mondiale de ferromanganèse se trouve en U.R.S.S., au Japon, en République d'Afrique du Sud, aux États-Unis et dans les pays industrialisés de l'Europe de l'Ouest. Au cours des dernières années, la contribution des États-Unis à la production mondiale de ferromanganèse à teneur élevée en carbone e diminué fortement, tandis que celle de la République populaire de Chine a augmenté. La capacité de production de ferromanganèse à teneur élevée en carbone est, elle aussi, excédentaire.

Sources d'approvisionnement actuelles du Canada

En définitive le Canada dépend totalement de ses importations pour s'approvisionner en produits manganésiens. Seuls du ferromanganèse à teneur élevée en carbone, du silicomanganèse et quelques produits chimiques manganésiens secondaires sont produits au Canada, mais à partir de minerais et de concentrés importés.

Au cours des dernières années, plus de 90 % des importations de minerais et de concentrés de manganèse du Canada provenaient de trois pays, soit le Gabon (par l'entremise de la République populaire du Congo), plus de 50 %; l'Afrique du Sud, tout près de 25 %; et le Brésil, tout près de 20 %. Le reste de nos importations nous est parvenu par le biais des États-Unis, qui ne produisent aucun minerai de manganèse.

L'Afrique du Sud est la plus importante source d'appprovisionnement en manganèse métal du Canada, qui en importe également de petites quantités de la République populaire de Chine.

Bien que le Canada produit (et exporte) du ferromanganèse à teneur élevée en carbone et du silicomanganèse (à partir de minerais et de concentrés importés), il doit importer tout le ferromanganèse à teneurs faible et moyenne en carbone dont il a besoin. La plupart de ses importations de ferromanganèse à teneur moyenne en carbone proviennent des États-Unis, de l'Afrique du Sud et de la Norvège et la plupart de ses importations de ferromanganèse à teneur faible en carbone, des États-Unis, de la Norvège et de la France. L'Afrique du Sud est le seul de ces pays à produire ses propres minerais de manganèse.

Nos importations de produits chimiques manganésiens proviennent principalement des États-Unis. Le Canada importe un peu de bioxyde de manganèse de la Grèce et un peu de permanganate de potassium de la République populaire de Chine et de l'Espagne.

Il se peut également que le Gabon ou l'Afrique du Sud ait produit les matières premières manganésifères que d'autres pays ont utilisées pour produire du manganèse métal, du ferromanganèse, d'autres alliages à base de manganèse et des produits chimiques manganésiens que le Canada a importés, par la suite, des États-Unis ou via ce pays.

Les moyens utilisés pour transporter le manganèse à partir de la mine ou de l'usine de fusion jusqu'à la côte (soit par tramway aérien entre le Gabon et la côte et par rail en Afrique du Sud) sont vulnérables aux

actes de violence. Comme les troubles sont choses possibles en Afrique, il est fort probable que des interruptions surviennent dans les chaînes d'approvisionnement en produits de manganèse qui revêtent le plus d'importance pour l'économie canadienne, c'est-à-dire les minerais et les concentrés (à partir desquels nous produisons le ferromanganèse à teneur élevée en carbone et le silicomanganèse). Il est plus probable que de telles interruptions se mesurent en semaines ou en mois plutôt qu'en années.

Stocks

Les minerais et les concentrés destinés à la production des ferro-alliages sont généralement importés par les sociétés consommatrices. On estime que leurs stocks leur permettraient d'approvisionner les consommateurs pendant au moins un mois et qu'il en est de même des stocks de minerais naturels de qualité pile, généralement importés par l'entremise des négociants.

Le Canada produit du ferromanganèse à teneur élevée en carbone et du silicomanganèse. En été 1984, les stocks des producteurs pouvaient durer au moins deux mois. Les stocks des consommateurs industriels canadiens, qui s'y ajoutent, peuvent en général leur permettre d'approvisionner les consommateurs pendant quelque six semaines dans le cas du ferromanganèse à teneur élevée en carbone et pendant un mois dans le cas du silicomanganèse.

Les consommateurs industriels de ferromanganèses à teneurs moyenne et faible en carbone et de manganèse métal, tous importés, possèdent également des stocks pouvant durer au moins un mois. Quant aux négociants en métaux, ils ont facilement accès à des sources d'approvisionnement aux États-Unis ou en Norvège ou peuvent puiser a même leurs réserves d'une durée d'au moins un mois.

Substituts

Comme le manganèse s'obtient à un coût relativement bas, on n'a pas fait de recherches sérieuses pour lui trouver des substituts. Certains éléments pourraient jouer certains des rôles du manganèse, mais il faudrait effectuer des recherches poussées pour mettre au point de nouveaux types d'acier et il s'ensuivrait des coûts initiaux du produit beaucoup plus élevés. On ne connaît actuellement aucun substitut pratique au manganèse (sous forme de ferromanganèse fait à partir de minerais et de concentrés) utilisé dans la production de l'acier.

Les méthodes modernes de fabrication d'acier permettent de réduire la quantité de manganèse perdu dans les scories. D'autres mesures d'économie semblent applicables, mais elles ne réduiraient que de peu la consommation de manganèse.

En cas d'interruption des approvisionnements en ferromanganèses à teneur faible ou moyenne en carbone, le manganèse métal, plus coûteux, pourrait leur être substitué dans certaines utilisations.

On ne connaît aucun substitut au manganèse métal ajouté vers la fin aux coulées d'acier inoxydable à teneur faible en carbone et d'aciers très alliés. Toutefois, le bioxyde de manganèse pourrait le remplacer dans la fabrication des alliages d'aluminium manganésifères.

Le bioxyde de manganèse synthétique (fait à partir de minerais et de concentrés) peut remplacer les minerais naturels de qualité pile dans la fabrication de piles sèches.

Des produits inférieurs peuvent être substitués aux produits chimiques manganésiens dans leurs diverses utilisations finales. Notons toutefois que pour remplacer le fongicide "Maneb", dans le domaine agricole, il serait nécessaire d'élaborer de nouveaux programmes d'épandage.

Sources d'approvisionnement de rechange

Les utilisateurs canadiens de produits manganésiens sont loin d'être limités à leurs sources d'approvisionnement actuelles.

Les minerais et les concentrés pourraient être importés d'autres sources d'approvisionnement telles que l'Australie ou le Mexique.

Il serait possible d'acquérir à un coût de quelque 9 millions de dollars une réserve de minerais et de concentrés de manganèse de catégorie métallurgique pouvant suffire aux besoins pendant six mois.

Il serait possible de produire à même les gisements de Woodstock (Nouveau-Brunswick) les concentrés utilisés comme charges d'alimentation dans la production du ferromanganèse à teneur élevée en carbone et du silicomanganèse au Canada. Il faudrait mettre un an ou deux pour construire le concentrateur et les concentrés produits coûteraient au moins deux fois plus que les concentrés importés.

Le Canada pourrait diversifier davantage ses sources d'approvisionnement en manganèse métal en accroissant ses importations en provenance de France, du Japon et des États-Unis. Toutefois, tous ces pays dépendent de leurs importations de matières premières manganésifères pour produire ce métal.

Il nous serait possible de produire du manganèse métal à partir de nos ressources en construisant une usine dans l'Est du Canada. Le métal pourrait être produit à coût concurrentiel en trois ans.

Une réserve de ferromanganèses à teneurs moyenne et faible en carbone pouvant suffire aux besoins pendant six mois pourrait être constituée à un coût d'environ 6 millions de dollars.

Des approvisionnements en ferromanganèse à teneur moyenne en carbone pourrait être obtenu du Brésil et du Japon ou produit par une usine de ferromanganèse canadienne déjà en service que l'on doterait des installations nécessaires en trois à cinq mois.

Nous pourrions nous adresser au Japon ou à l'Allemagne de l'Ouest pour obtenir du ferromanganèse à teneur faible en carbone. Une autre solution consisterait à construire, au Canada, une usine pouvant le produire à même le ferromanganèse à teneur élevée en carbone produit au pays. La construction d'une telle usine prendrait de huit à douze mois.

La construction d'une usine capable de produire du bioxyde de manganèse synthétique à l'échelle commerciale à partir de matières premières provenant de Woodstock (Nouveau-Brunswick) serait une alternative aux importations. Cette usine, qui serait en service en trois ans et qui pourrait permettre de produire du manganèse métal, serait susceptible de produire du bioxyde de manganèse synthétique à un coût inférieur à celui des importations.

PARTIE VIII. RECOMMANDATIONS

À l'heure actuelle, le Canada ne connaît pas de pénurie en:

- minerais et concentrés de manganèse, qui sont d'importance cruciale pour la fabrication de ferromanganèse à teneur élevée en carbone et de silicomanganèse, par l'industrie canadiennne des ferro-alliages;

- manganèse métal, qui est nécessaire à l'industrie de l'aluminium et à celle des alliages non ferreux;

- ferromanganèses à teneurs moyenne et faible en carbone, qui sont d'importance cruciale pour les industries de l'acier et des alliages spéciaux; et

- minerais naturels de qualité pile et en bioxyde de manganèse synthétique, destinés à la fabrication de piles sèches.

Bien que nos approvisionnements actuels en ces produits manganésiens soient abondants, il est recommandable de prévoir des mesures pour garantir nos approvisionnements contre une interruption éventuelle de nos importations en provenance d'Afrique. De telles interruptions au cours des années 80 pourraient durer plusieurs mois.

Quoique le gouvernement du Canada n'ait pas encore, du moins en temps de paix, ressenti la nécessité d'intervenir pour garantir l'approvisionnement du Canada en manganèse, une certaine planification à long terme de la part du gouvernement nous assurerait, dès maintenant, une plus grande marge de manoeuvre face à une interruption sans préavis des approvisionnements. Aussi est-il recommandé à Énergie, Mines et Ressources Canada:

1) d'encourager la conclusion d'ententes contractuelles avec des producteurs australiens, brésiliens et mexicains afin qu'ils approvisionnent le Canada en minerais et concentrés de manganèse au cours de situations d'urgence à court terme;

2) d'appuyer des programmes canadiens ou internationaux d'aide à l'amélioration de l'infrastructure du transport des minerais de manganèse par rail à partir du gisement jusqu'à la côte, au Burkina Faso (auparavant la Haute Volta), au Gabon, au Ghana et au Zaïre, et

3) trouver des moyens de réduire la dépendance du Canada à l'égard des importations et, par conséquent, sa vulnérabilité envers les interruptions prolongées d'approvisionnement en manganèse, en prenant les mesures suivantes:

   a) évaluer s'il est faisable et rentable d'appliquer des techniques métallurgiques déjà connues ou en cours d'élaboration à la produc-

tion, au Canada, de manganèse métal et d'autres formes de manganèse qui se prêtent à la fabrication de l'acier et d'alliages de métaux non ferreux, à partir:

- de minerais et de concentrés d'origine canadienne, et
- de minerais importés de divers pays;

b) évaluer plus en détail les gisements de manganèse connus de Woodstock (Nouveau-Brunswick), dans la Péninsule Avalon (Terre-Neuve) et dans les formations de fer de l'Ontario et du Québec, tout en tenant compte de ce qui précède; et

c) encourager les études et les essais métallurgiques sur des aciers fabriqués avec des substituts du manganèse, ainsi que le rassemblement et la diffusion des connaissances actuellement disséminées sur le sujet.

Enfin, étant donné que la constitution de réserves de matières manganésiennes coûterait quelque 15 millions de dollars et que les solutions de rechange actuellement possibles ne manquent pas, il est difficile pour l'instant, de justifier la constitution de telles réserves.

ANNEXE I

Prix annuels moyens de minerais de manganèse choisis, de 1973 à 1983

Année	Minerai[1]	Ferromanganèse[2]	Manganèse Métal[3]
	(Équivalent en $ CAN/tonne)		
1973	40,60	393,40	732,60
1974	51,30 - 55,10	389,00	1 176,30
1975	65,20 - 66,30	439,00	1 206,90
1976	70,70 - 73,60	426,10	1 302,60
1977	76,70 - 79,30	431,40	1 403,00
1978	76,90 - 79,10	493,40 - 510,80	1 508,20
1979	76,20 - 78,50	495,00 - 506,50	1 598,70
1980	93,90 - 98,90	577,20 - 644,30	1 846,90
1981	92,90 - 98,00	571,50 - 618,20	1 828,90
1982	92,40 - 98,30	597,10	1 910,80
1983	84,80 - 86,60	601,30	1 924,30

Sources: Prix: Metals Week; taux de change (moyenne établie en décembre): La Revue de la Banque du Canada.

[1]Calculé à partir du prix unitaire coté de la tonne forte de minerai contenant un minimum de 48 % de manganèse (faible taux d'impuretés), CAF aux points d'entrée aux États-Unis, en supposant une teneur en manganèse de 48 %. [2]Teneur normalisée de 78 % de manganèse, prix du producteur, f. à b. au point d'expédition (E.-U.), en wagonnées, en bloc, en vrac. [3]Minerai ordinaire d'une teneur minimale de 99,5 % de Mn, f. à b. au point d'expédition (E-U).
f. à b.: franco à bord; CAF: coût, assurance et fret.

ANNEXE 2

Prix du manganèse métal et de diverses catégories de ferromanganèse et de silicomanganèse, janvier 1984

	Équivalent en $ CAN/tonne
A. Manganèse métal	
1. Aux États-Unis, à l'état ordinaire, contenant un minimum de 99,5 % de Mn	1 923
2. Aux États-Unis, teneur en N de 6 %, contenant un minimum de 93,7 % de Mn	2 198
B. Ferromanganèse	
1. Aux États-Unis, prix du producteur, à l'état normalisé, contenant 78 % de Mn	601
2. Aux États-Unis, prix du producteur, teneur moyenne en carbone	1 127-1 264
3. Aux États-Unis, prix du producteur, teneur faible en carbone, teneur en C de 0,1 %.	1 882-1 992
C. Silicomanganèse	
1. Aux États-Unis, prix du producteur, teneur en C de 2 %, f. à b. au point d'expédition	577

Sources: Metals Week, Vol. 55, n° 1, 2 janvier 1984, p. 5; taux de change: La Revue de la Banque du Canada, février 1984, p. S-127.

ANNEXE 3

Prix de produits chimiques manganésiens choisis, décembre 1983

	(Équivalent en $ CAN des prix US/tonne)
1. Acétate de manganèse	
a) dihydrate, en barils, livré aux États-Unis	1 195 - 1 319
b) tétrahydrate, en barils, livré aux États-Unis	1 319
2. Borate de manganèse, catégorie technique, en barils	2 198 - 2 720
3. Carbonate manganeux catégorie chimique, 46 % de Mn, en sacs, lots de 20 000 lb ou plus, à l'usine	2 885
4. Chlorure manganeux, anhydride, en barils, lots de 20 000 lb ou plus	1 676
5. Bioxyde de manganèse	
a) à l'état naturel, africain, meulé, de 74 à 76 % de MnO_2, en sacs de 100 lb, en wagonnées, à l'usine	275
b) 84 % de MnO_2, même méthode d'établissement des prix	343 - 522
c) sous forme cristallin synthétique, catégorie pile, de 90 à 92 % de MnO_2, en sacs de 100 lb, en wagonnées, à l'usine	1 923 - 2 404
d) catégorie chimique, catégorie ferrite	1 346 - 1 676
6. Gluconate de manganèse Catégorie FCC, en barils de 100 lb, f. à b. à l'usine	11 678
7. Hypophosphite de manganèse, norme nationale du commerce, en barils	24 044
8. Résinates de manganèse 3,5 % de Mn utilisé, en barils, fret admis	948
9. Sulphate de manganèse	
a) catégorie engrais, tout-venant, de 75 à 78 % de $MnSO_4$, en sacs de 25 kg, en wagons de 50 tonnes courtes, livré aux États-Unis, à l'est du Mississippi	234
b) en vrac, en wagons-trémies, même méthode d'établissement des prix	199
c) 28 % de Mn, sous forme granulée, en sacs, en wagonnées, plein camion, à l'usine	412
10. Permanganate de potassium, à écoulement libre, en vrac, en camions-trémies, à l'usine	5 276

Sources: Chemical Marketing Reporter, Vol. 225, n° 1, 2 janvier 1984, p. 47 et 49; taux de change: La Revue de la Banque du Canada, février 1984, p. S-127.

ANNEXE 4

Tarifs douaniers canadiens appliqués aux produits de manganèse importés

N° tarifaire	Tarifs			
	Tarif préférentiel britannique	Tarif de la nation la plus favorisée	Tarif général	Tarif général préférentiel
		(%)		
32900-1 Minerai de manganèse	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
35504-1 Oxyde de manganèse	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
35704-1 Manganèse métal électrolytique	en franchise	5	5	en franchise
37501-1 Ferromanganèse, spiegel et autres alliages de manganèse et de fer, teneur en Si d'au plus 1 % de la teneur en Mn, la livre	en franchise	0,5 ¢	1,25 ¢	en franchise
37502-1 Silicomanganèse, silico-spiegel et autres alliages de manganèse et de fer, teneur en Si supérieure à 1 % de la teneur en Mn, la livre	en franchise	0,75 ¢	1,75 ¢	en franchise

N.F.B.: Réductions en vertu du GATT (à compter du 1er janvier de l'année indiquée).

N° tarifaire	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
	0,75	0,74	0,73	0,74	0,72	0,71	0,70

Source: Index des marchandises pour le tarif des douanes, janvier 1980, Revenu Canada.

ANNEXE 5

MINERAIS ET CONCENTRÉS DE MANGANÈSE, EXAMEN DE LA SITUATION DE DIVERS PAYS

Australie

La découverte et l'exploitation de la propriété Groote Eylandt, dans le Territoire du Nord, par la Groote Eylandt Mining Co. Pty. Ltd. au cours des années 60 a modifié sensiblement les rapports sur la scène mondiale des approvisionnements. À l'heure actuelle, l'Australie est à l'origine de quelque 5 % de la production mondiale.

La capacité de traitement du concentrateur de Groote Eylandt est de l'ordre de 2,4 millions de tonnes de concentrés par année. En 1982, sa production s'est chiffrée à quelque 1,2 million de tonnes, dont 200 000 ont été expédiées à une société associée, la Tasmanian Electro Metallurgical Company Proprietary Limited, à Bell Bay, en Tasmanie, pour y être transformées en ferromanganèse.

On a signalé que les réserves prouvées de Groote Eylandt totalisent 160 millions de tonnes de minerais à 46 % de manganèse, pour une teneur limite de 25 % de manganèse[1].

De petites quantités (6 335 t en 1981) de bioxyde de manganèse auraient été produites par l'Electrolytic Zinc Company of Australasia Ltd., sous forme de boue dérivée de l'affinage électrolytique du zinc à son usine de Risdon, en Tasmanie[2].

L'Australie est un grand exportateur mondial de concentrés de manganèse. En 1982, elle a exporté environ 1 million de tonnes de ce produit, dont quelque 45 % vers le Japon, 29 % vers l'Europe et 10 % vers les États-Unis[3].

Brésil

L'exploitation de gisements de manganèse a donné lieu à l'ouverture de plusieurs régions éloignées du Brésil.

En 1982, la production de la mine la plus importante, celle de Serra Da Navio, située dans la région de Amapa au nord de l'embouchure de l'Amazone, s'est chiffrée à tout près de 1 million de tonnes.[4] Le concentré de minerai extrait de la mine est transporté par rail sur une distance de quelque 200 km jusqu'à Porto Santana, où quelque 20 % des concentrés sont réduits en boulettes. On signale que les réserves de minerai à forte teneur de cette concession, qui appartient à la Companhia Auxiliar de Empresas de Mineracao (CAEMI)[5], seront bientôt épuisées.

Le minerai de manganèse extrait à Urucum, près de la frontière de la Bolivie, et à Morro da Mina, dans la région de Minas Gerais, est surtout destiné à la production d'acier et de ferro-alliages du Brésil.

La Companhia Vale de Rio Doce (CVRD) met actuellement sur pied une nouvelle exploitation de manganèse d'une capacité de production de 450 000 tonnes de minerai par année, à Igarapé Azul, dans la région de Carajas, au sud de l'Amazone. Les exportations seront limitées à 25 % de la production.[6]

Chine

Au cours des dernières années, l'extraction du manganèse n'a pas cessé de gagner en importance en République populaire de Chine. On a signalé la présence de gisements de minerai d'une teneur en manganèse de quelque 40 à 50 % à Hsingtian, dans la province de Hunan.[7] Il existe également des gisements de minerais ferrugineux ailleurs dans le Sud de la Chine, soit à Laiping dans la région autonome de Guangxi Zhuangzu, et à Tsunyi, dans la province de Guizhou. De plus, des gisements de manganèse de qualité inconnue ont été signalés dans le Nord-Est de la Chine à Wafangtzu, dans la province de Liaoning.

Bien que la Chine ait acheté à l'Autralie 200 000 tonnes de minerai de manganèse à livrer en 1984,[8] on sait qu'elle exporte des matières maganésiennes. En 1981, en effet, elle a expédié quelque 20 000 tonnes de minerai de manganèse au Japon et exporté 571 tonnes de métal et d'alliages, dont 224 tonnes au Canada.[9]

Gabon

La mine de Moanda de la Compagnie Minière de l'Ogooué S.A., propriété d'un consortium composé de la United States Steel Corporation (36 %), du gouvernement du Gabon (30 %), de divers groupes français (27,7 %), de l'Elkem A/S (6 %) et d'autres participants (0,3 %), est à l'origine de quelque 7 % de la production mondiale de manganèse.

En 1982, la capacité de production de la mine se chiffrait à 2,6 millions de tonnes. Cette année-là, sa production a totalisé 1 511 930 tonnes, y compris 105 476 tonnes de minerai de qualité pile dont la teneur moyenne en bioxyde de manganèse variait de 83 à 85 %.[10]

Sa production ne peut être exportée que par un tramway aérien de 76 km aboutissant à la République du Congo, pays voisin, et sa capacité de production ne pourra être accrue que lorsque le chemin de fer Trans-Gabon, en cours de construction, aura atteint Moanda, fort probablement en 1986.

Ghana

Avant l'ouverture de la mine de Moanda, au Gabon, au cours des années 60, la mine de Nsuta, dans la partie centrale du Ghana, était considérée comme la plus importante source de minerai de manganèse naturel de qualité pile au monde.

On s'attend à ce que la mise en service d'une usine de grillage et de production de nodules, terminée en 1982, aide à mettre fin à la baisse graduelle de la production de matières manganésiennes du Ghana. Cette usine permettra de produire des matières à 50 % de manganèse.

Grèce

La Grèce est un petit producteur de minerai de manganèse naturel de qualité pile; le minerai est extrait d'une mine que la société Eleusis Bauxite Mines Mining, Industrial and Shipping, Inc., exploite près de Drama, en Macédoine.

Inde

L'Inde est un grand producteur mondial de minerai de manganèse depuis de nombreuses années. Bien que l'on retrouve des gisements de manganèse dans de nombreux endroits du pays, le gros des réserves de l'Inde est situé dans la région manganésifère Nagpur-Bhandra-Balaghat, en bordure des états de Maharastra et de Madhya Pradesh.

Au cours des dernières années, l'Inde a surtout mis l'accent sur l'expansion de l'industrie du fer, de l'acier et des ferro-alliages. En 1973, elle a restreint l'exportation des minerais à forte teneur (45 % et plus).

L'Inde est encore aujourd'hui un grand exportateur de minerai de manganèse (ferrigineux) à faible teneur, ses principaux clients étant le Japon et l'Europe de l'Est.

Mexique

La Compania Minera Autlán S.A. de C.V., dont les réserves prouvées renferment 29 millions de tonnes de minerai de manganèse à 27 %, possède deux exploitations minières d'importance majeure dans le district de Molango, situé dans l'État de Hidalgo, et ces deux exploitations minières peuvent être accrues. Cette société exploite aussi à Molango une usine qui produit des nodules de bioxyde de manganèse à partir de minerais de carbonate, et à Nonoalco, également dans l'état de Hidalgo, une mine de minerai naturel de qualité pile.

Une grande partie de la production de cette société sert à produire du ferromanganèse au Mexique; toutefois, la société exporte des nodules à 39 à 40 % de manganèse vers les États-Unis, le Japon et la France.

Maroc

La mine d'Imini, de la Société Anonyme Chérifienne d'Études Minières (SACEM), a été, pendant de nombreuses années, une importante source d'approvisionnement en minerai de manganèse de catégorie chimique. On s'attend à ce que cette source d'approvisionnement tarisse bientôt en raison de l'épuisement de ses réserves de minerais.

République d'Afrique du Sud

La République d'Afrique du Sud est le deuxième producteur de minerais et de concentrés de manganèse du monde, après l'U.R.S.S.

Ses gisements de manganèse les plus importants sont situés dans la partie nord de la province du Cap, dans les districts de Post-Masburg et de Kuruman (Kalahari) (voir la figure 3). Ses minerais de qualité chimique et pile proviennent de gisements beaucoup plus petits situés près de Krugersdorp, dans le Transvaal.

La S.A. Manganese Amco Ltd. (SAMANCOR), le plus gros producteur de l'Afrique du Sud, exploite des mines à ciel ouvert à Hotazel et Mamatwan, dans le district de Kuruman. Elle possède également des mines souterraines à Middelplaats et à Wessels, dans le même district.

Au total, la capacité de production annuelle de cette société a été chiffrée à 5,1 millions de tonnes. Avant 1983, quelque 60 % de sa production était expédiée par rail jusqu'à Port Elizabeth, à 1 200 km, d'où elle était exportée.

Une filiale, la Metalloys Ltd., exploite des usines de ferromanganèse à Kookfontein et à Newcastle.

La Société The Associated Manganese Mines of South Africa Limited produit du minerai de manganèse à plusieurs endroits dans les districts de Postmasburg et de Kuruman. C'est dans ce dernier district que se trouvent ses principales mines, soit celles de Black Rock, de Gloria et de Nchwaning, dont les capacités de production, réunies, totalisent quelque 4 millions de tonnes par année. Une filiale, la Feralloys Limited, produit du ferromanganèse à Cato Ridge, dans la province de Natal.

En 1983, les expéditions de minerai de manganèse de cette société n'ont totalisé que 778 000 tonnes par rapport à 1 132 000 tonnes en 1982.[13]

La société Rand London Manganese Mines (Pty.) Ltd. possède dans la région de Randfontein (Transvaal) sept mines de manganèse de qualité chimique et de qualité pile, dont la plus importante, Gopane, est située près de Zeerust. La production totale de bioxyde de manganèse est évaluée à quelque 300 000 tonnes par année, dont une grande partie est utilisée comme oxydant dans la récupération de l'uranium présent dans les minerais d'or-uranium.

Depuis plusieurs années, la capacité de la South African Railways de transporter les expéditions de minerai de manganèse, d'une part, et les tarifs du transport par rail jusqu'à Port Elizabeth, d'autre part, préoccupent beaucoup les producteurs de l'Afrique du Sud.

Les installations de chargement de Port Elizabeth, permettent maintenant de stocker 460 000 tonnes de minerai et comprennent deux chargeurs de bateau d'une capacité de chargement totale de 1 360 tonnes/heure.

U.R.S.S.

L'U.R.S.S. est à la fois le plus grand producteur et le plus grand consommateur de minerais de manganèse au monde. Ses principaux districts producteurs sont les districts de Nikopol et de Bol'shoi Tokmak,

dans le Sud de l'Ukraine, et de Chiatura, en Géorgie. Des gisements de minerai de qualité inférieure ont été découverts à Polunochnoe et à Masyatskoe, dans l'Oural; à Usinskoe et à Mazul'skoe, en Sibérie occidentale, et à Atasuiskoe et à Dzhezdinskoe, dans le Kazakhastan[14].

En Ukraine, le minerai de manganèse d'une teneur de 18,5 à 24,5 % est enrichi pour former des concentrés de 35 à 45 %. En Géorgie, la majeure partie du minerai de manganèse est enrichie pour former desconcentrés à 48 % de manganèse. Selon des rapports reçus, les gisements manganésifères à proximité de Dzezhdy contiennent de 45 à 50 % de manganèse.

L'U.R.S.S., qui fut déjà un important exportateur de minerai de manganèse, doit maintenent importer une petite partie du minerai dont elle a besoin. Par exemple, en mai 1984, elle a acheté 105 000 tonnes de minerai de manganèse à l'Australie et offert à la Groote Eylandt Mining Co. Pty. Ltd. l'option que celle-ci lui en vende 40 000 tonnes supplémentaires au prix antérieur à celui de 1984.[15]

États-Unis

Les États-Unis ne produisent pas de minerai de manganèse actuellement même s'il s'y trouve des gisements à partir desquels des concentrés à 35 % ou plus de manganèse ont été produits.[16]

Exception faite des retraits nets à même ses réserves, ce pays dépend entièrement des importations pour s'approvisionner en minerai de manganèse. De 1979 à 1982, ses principales sources d'importation ont été la République d'Afrique du Sud (33 %); le Gabon (26 %); l'Australie (20 %); et le Brésil (12 %); le reste, soit 9 %, a été importé d'autres pays.[17]

Les États-Unis maintiennent des réserves de matières premières manganésifères aux fins de la Défense nationale (voir le tableau A-1), mais ce pays n'a pas encore atteint les niveaux de stockage fixés pour le bioxyde de manganèse synthétique de qualité pile (12 % de l'objectif atteint) et le minerai de catégorie métallurgique (89 % de l'objectif atteint).

En décembre 1983, la United States General Services Administration a passé un "marché avec l'Elkem Metals Company engageant cette dernière à convertir environ 43 500 tonnes de minerai de manganèse de catégorie métallurgique en réserve en du ferromanganèse à teneur élevée en carbone" (traduction libre). Il s'agit du premier contrat passé dans le cadre d'un programme d'amélioration des stocks qui prévoit la production éventuelle de 520 000 tonnes de ferromanganèse à teneur élevée en carbone.

En 1983, les stocks (toutes catégories) tenus par les consommateurs des États-Unis équivalaient à quelque 8 mois de consommation de minerai de manganèse et à 5 mois de consommation de ferromanganèse.

Zaïre

La Société Minière de Kisenge (SMK), qui a exporté des quantités considérables de minerai de carbonate à teneur élevée au cours des années 60, conserve en stock, selon les rapports, 500 000 tonnes de minerai de carbonate broyé et 700 000 tonnes de minerai de carbonate non broyé. Le manque de wagons et le piètre état de la voie ferroviaire reliant Dilolo et Lobito (Angola) ont eu pour effet de réduire littéralement de moitié les exportations de minerai de manganèse du Zaïre.

Autres pays

Plusieurs autres pays, dont la Bulgarie, la Hongrie, le Chili et le Japon, ont produit des minerais de manganèse pour satisfaire à leurs besoins intérieurs. Toutefois, le Japon ne produit qu'une petite partie du minerai dont il a besoin. Notons que l'Indonésie et la Thaïlande produisent de petites quantités de minerai de qualité pile pour l'exportation.

Tableau A-1 de l'Annexe 5

État des stocks de réserve en manganèse aux États-Unis, au 30 novembre 1983[1]

Matériaux	Objectif	Total de l'inventaire (tonnes)	Quantité dont l'aliénation est autorisée
Qualité pile:			
Minerai naturel	56 200	165 100[2]	41 700
Bioxyde synthétique	22 700	2 700[2]	-
Minerai de catégorie chimique	154 200	174 200	20 000
Minerai de catégorie métallurgique	2 449 400	2 184 500[3]	-
Ferromanganèse:			
À teneur élevée en carbone	398 300	544 300[3,4]	-
À teneur moyenne en carbone	0	26 300[3]	-
Silicomanganèse	0	21 800[3]	-
Métal électrolytique	0	12 700[3]	-

Sources: T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, Mineral Commodity Summaries 1984, p. 97; et U.S. Federal Emergency Management Agency, "Stockpile Report to the Congress, April-September, 1983", p. 21.

[1] En plus des données indiquées, les réserves contiennent les matières suivantes, de qualité différente de celles-ci: 869 100 tonnes de minerai de catégorie métallurgique et 30 800 tonnes de minerai naturel de qualité pile. [2] Y compris 20 000 tonnes de minerai de manganèse naturel de qualité pile, maintenue de manière à suppléer une pénurie de 20 000 tonnes de bioxyde de manganèse synthétique de qualité pile. [3] Y compris du manganèse métal (l'équivalent de 32 100 tonnes), du ferromanganèse à teneur élevée en carbone (l'équivalent de 140 700 tonnes), du ferromanganèse à teneur moyenne en carbone (l'équivalent de 52 500 tonnes) et du silicomanganèse (l'équivalent de 38 500 tonnes) pour un total de 263 800 tonnes d'équivalent, de quoi suppléer l'absence de 264 900 tonnes de minerai de manganèse de catégorie métallurgique. [4] Y compris 75 600 tonnes de ferromanganèse à teneur élevée en carbone maintenues de manière à compenser une réduction éventuelle de la valeur des minerais formant les stocks selon la composition désirée.

Renvois

1. M.P. Sassos, "Manganese: Gemco Mines Huge Resources at Groote Eylandt", Engineering and Mining Journal, Vol. 135, N° 1, janvier 1984, p. 37.

2. R. Pratt, "Manganese", "Australian Mineral Industry Annual Review, 1981", p. 175.

3. M.P. Sassos, op. cit.

4. T.D. Ellison, "Manganèse", Revue annuelle des minéraux - 1983, p. 68.

5. T.D. Ellison, "Manganèse", Revue annuelle des minéraux - 1982, p. 69.

6. R.S. Ridley et A.F. Kaba, "Brazil Battles the Jungle to Mine Carajas Minerals", World Mining, Vol. 36, N° 1, janvier 1983, p. 50 à 57.

7. J.H. DeYoung, D.M. Sutphin et W.F. Cannon, "International Strategic Minerals Inventory-Manganese", Circulaire 930-A de l'U.S. Geological Survey, p. 18 et 19.

8. Le personnel, Mining Journal, Vol. 302, N° 7755, 6 avril 1984, p. 231.

9. E. Chin, "The Mineral Industry of China", U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook 1982, prétirage, p. 7.

10. B.A. Kornhauser, "The Mineral Industry of Gabon", U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook 1982, prétirage, p. 5.

11. T.D. Ellison, "Manganèse", Revue annuelle des minéraux - 1984, p. 64.

12. L. White, "Mining in Mexico - Autlan: Huge Resources Will Feed Steel Industry's Manganese Demand", Engineering and Mining Journal, Vol. 181, N° 11, novembre 1980, p. 107.

13. The Associated Manganese Mines of South Africa Limited, "Annual Report 1983", p. 4.

14. F.P. Edneral, "Electrometallurgy of Steel and Ferro-Alloys", Vol. 2, Mir Publishers, Moscou, 1979, p. 156.

15. Le personnel, "Manganese - Hostage to Steel", Mining Journal, Vol. 302, N° 7767, 29 juin 1984, p. 434.

16. C.C. Kilgore et P.R. Thomas, "Manganese Availability - Domestic", "A Minerals Availability System Appraisal", Circulaire d'information n° 8889 de l'U.S. Bureau of Mines, p. 4.

17. T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, "Mineral Commodity Summaries 1984", p. 96.

ANNEXE 6

FERROMANGANÈSE, EXAMEN DE LA SITUATION DE DIVERS PAYS

Australie

En Australie, l'usine de fusion électrique de la Tasmanian Electro Metallurgical Company Proprietary Limited située à Newcastle, en Tasmanie, produit du ferromanganèse à teneur élevée en carbone et du silicomanganèse. Le minerai provient de Groote Eylandt, dans le Territoire du Nord.

Belgique

La Division de la société S.A. Applications de la Chimie, de l'Électricité et des Métaux (SADACEM), à Ghent, produit des ferromanganèses à teneurs élevée et moyenne en carbone et du silicomanganèse dans une usine de fusion électrique approvisionnée en minerais importés.

Brésil

Cinq usines de ferro-alliages brésiliennes équipées de fours électriques produisent divers produits de ferromanganèse et de silicomanganèse pour consommation intérieure et exportation. En raison de l'éloignement des mines de manganèse situées dans le Nord du Brésil, certaines des usines établies dans la partie sud-est de la côte s'alimentent en minerai importé d'Afrique du Sud.

On s'attend que de nouvelles exploitations dans la région de Carajas accroîtront de façon radicale l'importance déjà croissante du Brésil au chapitre de la production de ferromanganèse à l'échelle mondiale.

Chine

En 1982, la République populaire de Chine a été à l'origine de quelque 7 % de la production mondiale de ferromanganèse. À l'heure actuelle, sa production semble principalement destinée au marché intérieur, mais, compte tenu de ses vastes ressources en minerai de manganèse, la Chine pourrait bien devenir un important pays exportateur de ferromanganèse.

France

La France est le pays de l'Europe occidentale qui produit le plus de ferromanganèse.

La Société française d'Electrométallurgie (SOFREM) est un important producteur de ferromanganèse à teneur faible en carbone et l'une des principales sources d'approvisionnement des États-Unis en ce produit.

La majeure partie du ferromanganèse à teneur élevée en carbone produit par la France est encore obtenu au moyen de hauts fourneaux, dont un certain nombre pourraient être fermés par suite de la rationalisation de la production de ferromanganèse en Europe de l'Ouest.

Toutes les matières premières manganésiennes utilisées en France sont importées. La plus importante usine du pays, l'usine des Aciéries de Paris et d'Outreau, située à Boulogne-sur-mer, est de propriété gabonaise.

Inde

La production de ferromanganèse de l'Inde est l'oeuvre de huit producteurs relativement petits qui utilisent des minerais de manganèse d'origine intérieure. La majeure partie de leur production est utilisée en Inde et une petite partie, exportée vers le Japon.

Italie

L'Italie, qui produit du ferromanganèse depuis de nombreuses années, dépend aujourd'hui entièrement de ses importations pour ses matières premières. En 1982, les deux tiers de sa production de ferromanganèse à teneur élevée en carbone provenaient de ses hauts fourneaux, qui pourraient bien faire l'objet d'une rationalisation dans un avenir rapproché.

Japon

Le Japon est le principal pays producteur de ferromanganèse du monde occidental. Sa production s'élève à environ 10 % du total mondial. Il produit toutes les catégories de ferromanganèse (y compris le silicomanganèse) à partir de matières premières importées.

Le Japon est le premier importateur de minerais de manganèse au monde. Les prix des minerais sur le marché mondial sont en quelque sorte le résultat des discussions que tiennent chaque année les producteurs de minerai de l'Australie, du Gabon et de l'Afrique du Sud avec leurs clients japonais.

Mexique

Au cours des dernières années, la production de ferromanganèse du Mexique n'a pas cessé de croître, contrairement à ce qui s'est passé dans de nombreux autres pays. Cette hausse de production est principalement attribuable au développement de l'usine de Tamos, de la Compania Minera Autlán S.A. de C.V., dont les fours électriques sont alimentés en matières premières mélangées au pays.

Norvège

Trois sociétés, y compris l'Elkem A/S qui compte des filiales partout dans le monde, produisent du ferromanganèse et du silicomanganèse en Norvège pour tirer profit du coût relativement bas de l'énergie hydro-électrique dans ce pays. Presque toute la production de la Norvège est exportée.

République d'Afrique du Sud

La République d'Afrique du Sud (figure 3) est, dans tout le monde occidental, le pays qui produit le plus de ferromanganèse à partir de ses propres minerais. Sa capacité installée est de l'ordre de 600 000 tonnes (silicomanganèse compris) par année.

L'Afrique du Sud compte trois grands producteurs. Le principal d'entre eux, la S.A. Manganese Amcor Ltd., exploite à Kookfontein une usine d'une capacité estimative de 393 000 tonnes par année de ferromanganèse à teneur élevée en carbone et de 52 000 tonnes par année de silicomanganèse. La Feralloys Ltd., filiale de la société The Associated Manganese Mines of South Africa Limited, a une capacité de production de quelque 80 000 tonnes par année et la Transalloys (Pty) Ltd. la capacité de produire 10 000 tonnes par année de ferromanganèse à teneur moyenne en carbone et au moins 70 000 tonnes de silicomanganèse.

En 1983, quelque 43 % des importations nettes de ferromanganèse des États-Unis provenaient de la République d'Afrique du Sud.

U.R.S.S.

Les usines de ferromanganèse de l'U.R.S.S. sont situées à Nikopol, dans l'Ukraine, et à Yermak, dans le Kazakhstan. On croit que la majeure partie du ferromanganèse produit par l'Union soviétique est destinée à l'U.R.S.S. elle-même et aux pays associés.

États-Unis

Avant les années 70, les États-Unis produisaient une bonne partie du ferromanganèse dont ils avaient besoin. En 1983, ils en ont importé 75 %.

Cet affaiblissement de l'industrie américaine du ferromanganèse est en grande partie attribuable à la concurrence d'usines d'Afrique du Sud et d'ailleurs, certaines d'entre elles appartenant même en partie à des sociétés-mères américaines.

ANNEXE 7

LISTE SÉLECTIVE DE RAPPORTS SUR LE MANGANÈSE PRÉPARÉS PAR ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA ET LES ORGANISMES QUI L'ONT PRÉCÉDÉ

F.D. Anderson, "Woodstock, Millville and Coldstream Map-areas, Carleton and New York Counties, New Brunswick", Commission géologique du Canada, Mémoire nº 353, 1968, 69 p.

F.W. Chandler, "The Structure of the Richmond Gulf Graben and the Geological Environments of Lead-Zinc Mineralization and of Iron-Manganese Formation in the Nastapoka Group, Richmond Gulf area, New-Quebec-Northwest Territories", "Recherche en cours, Partie A", Commission géologique du Canada, Rapport 82-1A, 1982, p. 1 à 10.

R.K. Collings et S.S.B. Wang, "Ressources de rebuts minéraux du Canada, Rapport nº 7 - Rebuts métallurgiques ferreux", Rapport de CANMET 80-19E, mai 1980, 30 p.

G.A. Gross, "Low Grade Manganese Deposits - A Facies Approach", W.C. Shanks III (éd.), "Unconventional Mineral Deposits", American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, 1983, p. 198.

G. Hanson, "Manganese Deposits of Canada", Commission géologique du Canada, Série de la géologie économique nº 12, 1932, 120 p.

D.G. Law-West, "Manganèse", prétirage de l'Annuaire des minéraux du Canada, 1982, Secteur de la politique minérale, 1984, 6 p.

W.D. McCartney, "Whitbourne Map-Area, Newfoundland", Commission géologique du Canada, Mémoire nº 341, 1967, p. 103 à 115.

Inventaire national des minéraux, Secteur de la politique minérale, "Gisements de minéraux non exploités au Canada en 1983", 1984, 300 p.

J. Palmer, "Les techniques possibles pour exploiter les ressources de manganèse au Canada", Rapport de CANMET, MRP/OTT 83-03, 1983, 58 p.

R.J. Shank, "Dépendance du Canada à l'égard des minéraux et des métaux importés - Questions à l'étude", Secteur de la politique minérale, Rapport interne, MRI 81/7, 1981, 29 p.

ANNEXE 8

BILBIOGRAPHIE

D.B. Brooks, "Low-grade and Nonconventional Sources of Manganese", Washington D.C., Resources for the Future, Inc., 1966, 123 p.

R.E. Brown, "Ferroalloys", U.S. Bureau of Mines, "Minerals Yearbook, 1982", Washington, D.C., Government Printing Office, 22 p.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, "Mangan", Untersuchungen über Angebot und Nachfrage Mineralischer Rohstoffe VIII, Hannovre, 1977, 156 p. plus les annexes.

N. Connell, (éd.), "World Minor Metals Survey", 2e édition, Londres, Metal Bulletin PLC, 1981, 118 p.

P.L. Dancoisne, "Manganese", D. Hatfull (éd), "Future Metal Strategy", Londres, The Metals Society, 1980, 213 p., p. 72 à 78.

P.L. Dancoisne, "Splotlight on Manganese", Metals and Materials, juin 1978, p. 18 à 24.

G.L. DeHuff, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, "Mineral Facts and Problems: 1975 Edition", Bulletin nº 667 de l'U.S. Bureau of Mines, Washington, D.C., Government Printing Office, 1259 p., p. 653 à 668.

G.L. DeHuff et T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines," Mineral Commodity Profiles, 1979", 20 p.

C.D. DesForges, W.E. Duckworth et T.F.J.N. Ryan, "Manganese in Ferrous Metallurgy", Neuilly sur Seine, France, Le Centre du manganèse, 1976, 87 p.

J.H. DeYoung, Jr., D.M. Sutphin et W.F. Cannon, "International Strategic Minerals Inventory Summary Report - Manganese", U.S. Geological Survey Circular 930-A, Alexandria, Virginie, 1984, 22 p.

E. Dickson, "Manganese-Non-Metallic Market Developments", Industrial Minerals, Nº 35, août 1980, p. 21 à 29.

V.W.A. Duke, "Manganese: A Mineral Commodity Review", Afrique du Sud, Department of Mines, Minerals Bureau, Rapport interne nº 53. Braamfontein, 1979, 246 p.

G. Gialoglou et D. Drymonitis, "Northeastern Greece: Mining Activites, Mineral Exploration and Future Developments", Transactions de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, Section A., Vol. 92, octobre 1983, p. A180 à 185.

Inde, Bureau of Mines, "Mineral Facts and Problems: Manganese Ore", Monographie n° 4, Nagpur, Bureau des mines de l'Inde, juillet 1974, 335 p.

Le personnel, Industrial Mnerals, "Manganese Reserves Adequate for Chemical Manufacturers...but supplies of Battery-Active Ores are Less Satisfactory", Industrial Minerals, N° 30, mars 1970, p. 11 à 24.

T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook 1982, prétirage.

T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, "Mineral Commodity Profiles 1983", Washington, D.C., U.S. Bureau of Mines, 1983, 20 p.

T.S. Jones, "Manganese", U.S. Bureau of Mines, "Mineral Commodity Data Summaries, 1984", Washington, D.C., U.S. Bureau of Mines, 1984, 185 p., p. 96 et 97.

C.C. Kilgore et P.R. Thomas, "Manganese Availability - Domestic: A Minerals Availability System Appraisal", Circulaire d'information n° 8889 de l'U.S. Bureau of Mines, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1982, 14 p.

C.L. Mantell, "Manganese", C.A. Hampel (éd.), "Rare Metals Handbook", 2e édition, Huntingdon, N.Y., Robert E. Krieger Publishing Co. Inc., 1971, p. 271 à 282.

L.R. Matricardi et J.H. Downing, "Manganese and Manganese Alloys", "Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology", 3e édition, Vol. 14, Toronto, John Wiley and Sons, 1978, 981 p., p. 824 à 843.

Le personnel, Mining Journal, "Manganese - Hostage to Steel", The Mining Journal, Vol. 302, n° 7767, 29 juin 1984, p. 433 et 434.

Mining Journal Limited, "Mining Annual Review - 1983", Londres, Mining Journal Limited, 1983, 534 p.

J. Parry, (éd.), "Ferro Alloys Survey 1979", Londres, Angleterre, Metal Bulletin Ltd., 1979, 179 p.

A.H. Reidies, "Manganese Compounds", "Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology", 3e édition, Vol. 14, Toronto, John Wiley and Sons, 1978, 981 p., p. 844 à 895.

R.S. Ridley et A.F. Kaba, "Brazil Battles the Jungle to Mine Carajas Minerals", World Mining, Vol. 36, n° 1, janvier 1983, p. 50 à 57.

Roskill Information Services Ltd., "The Economics of Manganese", 2e édition, Londres, Angleterre, Roskill Information Services Ltd, 1978, 345 p.

K.O.J. Sidwell, "Manganese Ore Occurrences in New Brunswick", Fredericton, Nouveau-Brunswick, The New Brunswick Resources Development Board, 1952, 168 p.

The Tex Report Co. Ltd., "1983 Ferro Alloy Manual", Tokyo, 1984, 295 p.

Nations Unies, Conférence sur le commerce et le développement, "La transformation et la commercialisation du manganèse: Domaines de coopération internationale", New York, Nations Unies, TD/B/C.1/PSC/20, 1981, 27 p.

United States National Research Council, Commission on Sociotechnical Systems, National Materials Advisory Board, "Manganese Reserves and Resources of the World and their Industrial Implications", Rapport n° 374 du NMAB, Washington, D.C., National Academy Press, 1981, 334 p.

S.A. Weiss, "Manganese: The Other Uses", Londres, Angleterre, Metal Bulletin Books Ltd., 1977, 360 p.